

Docket No.1232-5156

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant(s): MATSUMOTO, et al.

Group Art Unit: TBA

Serial No.: 10/664,998

Examiner: TBA

Filed: September 18, 2003

For: POSITION DETECTING METHOD AND APPARATUS

**CERTIFICATE OF MAILING (37 C.F.R. §1.8(a))**

Mail Stop  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

I hereby certify that the attached:


1. Claim to Convention Priority w/document
2. Certificate of Mailing
3. Return postcard receipt

along with any paper(s) referred to as being attached or enclosed and this Certificate of Mailing are being deposited with the United States Postal Service on date shown below with sufficient postage as first-class mail in an envelope addressed to the: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Respectfully submitted,  
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.

Dated: November 12, 2003

By:

  
Helen Tiger

**Correspondence Address:**

MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.  
345 Park Avenue  
New York, NY 10154-0053  
(212) 758-4800 Telephone  
(212) 751-6849 Facsimile



CUSTOMER NO. 27123

Docket No. 1232-5156

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant(s): MATSUMOTO, et al.

Group Art Unit: TBA

Serial No.: 10/664,998

Examiner: TBA

Filed: September 18, 2003

For: POSITION DETECTING METHOD AND APPARATUS

**CLAIM TO CONVENTION PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In the matter of the above-identified application and under the provisions of 35 U.S.C. §119 and 37 C.F.R. §1.55, applicant(s) claim(s) the benefit of the following prior application(s):

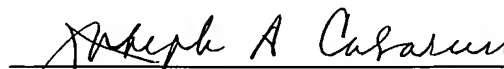
Application(s) filed in: Japan  
In the name of: Canon Kabushiki Kaisha  
Serial No(s): 2002-275824  
Filing Date(s): September 20, 2002

- ☒ Pursuant to the Claim to Priority, applicant(s) submit(s) a duly certified copy of said foreign application.
- ☐ A duly certified copy of said foreign application is in the file of application Serial No. \_\_\_\_\_, filed \_\_\_\_\_.

Dated: November 11, 2003

By:

Respectfully submitted,  
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.

  
\_\_\_\_\_  
Joseph A. Calvaruso  
Registration No. 28,287

**Correspondence Address:**  
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.  
345 Park Avenue  
New York, NY 10154-0053  
(212) 758-4800 Telephone  
(212) 751-6849 Facsimile

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日      2 0 0 2 年    9 月 2 0 日  
Date of Application:

出 願 番 号      特 願 2 0 0 2 - 2 7 5 8 2 4  
Application Number:

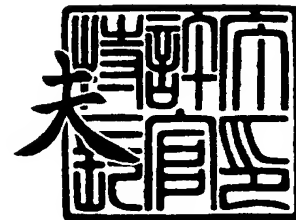
[ST. 10/C] :      [ J P 2 0 0 2 - 2 7 5 8 2 4 ]

出 願 人      キヤノン株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月    7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 4589048

【提出日】 平成14年 9月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明の名称】 位置検出方法及び位置検出装置

【請求項の数】 18

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号 キヤノン株式会  
社内

    【氏名】 松本 隆宏

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号 キヤノン株式会  
社内

    【氏名】 稲 秀樹

【特許出願人】

    【識別番号】 000001007

    【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100076428

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 大塚 康德

    【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

    【識別番号】 100112508

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 高柳 司郎

    【電話番号】 03-5276-3241

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100115071

【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 康弘

【電話番号】 03-5276-3241

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100116894

【弁理士】

【氏名又は名称】 木村 秀二

【電話番号】 03-5276-3241

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003458

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0102485

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 位置検出方法及び位置検出装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体の複数の位置検出マークからの光を受光して当該物体の位置を検出する位置検出方法において、

前記受光した光から前記位置検出マークの像情報を得る像情報取得工程と、

前記像情報を前記位置検出マークの検出方向と略直交する方向に分割した複数のラインの各ラインごとの光強度信号に変換する変換工程と、

前記各ラインごとの光強度信号が有効か判定する判定工程と、

前記有効なラインの光強度信号から前記位置検出マークの位置情報を算出する位置情報算出工程とを備えることを特徴とする位置検出方法。

【請求項 2】 前記判定工程では、前記位置検出マーク間隔を求め、全てのラインで求められた当該マーク間隔の平均値に対する偏差が所定値以下のラインの光強度信号を有効であると判定することを特徴とする請求項 1 に記載の位置検出方法。

【請求項 3】 前記位置情報に対応する位置検出マークの基準位置に対する誤差情報を算出する誤差情報算出工程と、前記誤差情報から所定の誤差成分を除去した残留誤差情報を算出する残差情報算出工程とを更に備え、前記判定工程では前記残留誤差情報が所定値以下のラインの光強度信号を有効であると判定することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の位置検出方法。

【請求項 4】 前記物体は半導体製造工程に供される半導体基板であり、前記位置検出マークは前工程にエッチングにより形成された前工程マークと当該前工程後の工程にレジストにより形成された現工程マークとの少なくとも一方を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の位置検出方法。

【請求項 5】 前記物体は半導体製造工程に供される半導体基板であり、前記位置検出マークは前工程にエッチングにより形成された前工程マークと当該前工程後の工程にレジストにより形成された現工程マークとを含み、前記誤差情報算出工程では前記前工程マークと前記現工程マークとの誤差情報を算出することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の位置検出方法。

【請求項 6】 前記前記位置検出マークと略直交する方向にも位置検出マークが設けられ、前記像情報取得工程では当該略直交する方向の位置検出マークの像情報を更に算出することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の位置検出方法。

【請求項 7】 前記像情報取得工程では、前記位置検出マークの検出方向に対して所定角度回転した像情報を算出することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の位置検出方法。

【請求項 8】 前記誤差情報は、前記基準位置を原点として互いに直交する方向を x 方向、y 方向とすると、前記位置検出マークの前記基準位置からの位置ずれとして x 方向のシフト  $S_x$  と、y 方向のシフト  $S_y$  と、x 軸に対する傾き  $\theta_x$  と、y 軸に対する傾き  $\theta_y$  と、x 方向の倍率  $B_x$ 、y 方向の倍率  $B_y$  で表され、前記所定の誤差成分は、下記式により求められることを特徴とする請求項 3 に記載の位置検出方法。

【数 1】

$$D'_i = \begin{pmatrix} B_x & -\theta_y \\ \theta_x & B_y \end{pmatrix} D_i + \begin{pmatrix} S_x \\ S_y \end{pmatrix}$$

【請求項 9】 物体の複数の位置検出マークからの光を受光して当該物体の位置を検出する位置検出装置において、

前記受光した光から前記位置検出マークの像情報を得る像情報取得部と、

前記像情報を前記位置検出マークの検出方向と略直交する方向に分割した複数のラインの各ラインごとの光強度信号に変換する変換部と、

前記各ラインごとの光強度信号が有効か判定する判定部と、

前記有効なラインの光強度信号から前記位置検出マークの位置情報を算出する位置情報算出部とを具備することを特徴とする位置検出装置。

【請求項 10】 前記位置情報に対応する位置検出マークの基準位置に対する誤差情報を算出する誤差情報算出部を更に備えることを特徴とする請求項 9 に記載の位置検出装置。

【請求項 11】 請求項 10 に記載の位置検出装置により算出された誤差情

報に基づいて前記物体を位置決めするために駆動されるステージ装置を備え、当該ステージ装置は前記物体としての基板または原版あるいはその双方を位置決めすることを特徴とする露光装置。

【請求項 12】 請求項 11 に記載の露光装置を含む各種プロセス用の製造装置群を半導体製造工場に設置する工程と、該製造装置群を用いて複数のプロセスによって半導体デバイスを製造する工程とを有することを特徴とする半導体デバイス製造方法。

【請求項 13】 前記製造装置群をローカルエリアネットワークで接続する工程と、前記ローカルエリアネットワークと前記半導体製造工場外の外部ネットワークとの間で、前記製造装置群の少なくとも 1 台に関する情報をデータ通信する工程とをさらに有することを特徴とする請求項 12 に記載の半導体デバイス製造方法。

【請求項 14】 前記露光装置のベンダ若しくはユーザが提供するデータベースに前記外部ネットワークを介してアクセスしてデータ通信によって前記製造装置の保守情報を得る、若しくは前記半導体製造工場とは別の半導体製造工場との間で前記外部ネットワークを介してデータ通信して生産管理を行うことを特徴とする請求項 13 に記載の半導体デバイス製造方法。

【請求項 15】 請求項 11 に記載の露光装置を含む各種プロセス用の製造装置群と、該製造装置群を接続するローカルエリアネットワークと、該ローカルエリアネットワークから工場外の外部ネットワークにアクセス可能にするゲートウェイを有し、前記製造装置群の少なくとも 1 台に関する情報をデータ通信することを可能にすることを特徴とする半導体製造工場。

【請求項 16】 半導体製造工場に設置された請求項 11 に記載の露光装置の保守方法であって、前記露光装置のベンダ若しくはユーザが、半導体製造工場の外部ネットワークに接続された保守データベースを提供する工程と、前記半導体製造工場内から前記外部ネットワークを介して前記保守データベースへのアクセスを許可する工程と、前記保守データベースに蓄積される保守情報を前記外部ネットワークを介して半導体製造工場側に送信する工程とを有することを特徴とする露光装置の保守方法。

【請求項 17】 請求項 11 に記載の露光装置において、ディスプレイと、ネットワークインタフェースと、ネットワーク用ソフトウェアを実行するコンピュータとをさらに有し、露光装置の保守情報をコンピュータネットワークを介してデータ通信することを可能にすることを特徴とする露光装置。

【請求項 18】 前記ネットワーク用ソフトウェアは、前記露光装置が設置された工場の外部ネットワークに接続され前記露光装置のベンダ若しくはユーザが提供する保守データベースにアクセスするためのユーザインタフェースを前記ディスプレイ上に提供し、前記外部ネットワークを介して該データベースから情報を得ることを可能にすることを特徴とする請求項 17 に記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば、半導体露光装置におけるウエハやレチクルのアライメントに有効な位置検出方法および位置検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

IC や LSI 等の半導体チップ、液晶パネル等の表示素子、磁気ヘッド等の検出素子、或いは CCD 等の撮像素子などの各種デバイスの製造に利用される投影型露光装置においては、当該デバイスの回路の微細化及び高密度化に伴い、レチクル面上の回路パターンをウエハ面上により高い解像力で投影露光できることが要求されている。

【0003】

回路パターンの投影解像力は投影光学系の開口数(NA: Numerical Aperture)と露光波長に依存するので、高解像度化の方法としては、投影光学系の NA を大きくする方法や露光波長をより短波長化する方法が採用されている。後者の方法に関し、露光光源は、g 線から i 線に移行し、更に i 線からエキシマレーザに移行しつつある。また、エキシマレーザにおいても、その発振波長が 248nm 及び 193nm の露光装置が既に実用化され使用されている。

【0004】

現在では発振波長を更に短波長化した、波長157nmのVUVの露光方式、波長13nm付近のEUV露光方式が次世代の露光方式の候補として検討されている。

#### 【 0 0 0 5 】

また、半導体デバイスの製造プロセスも多様化しており、露光装置の深度不足の問題を解決する平坦化技術として、CMP (Chemical Mechanical Polishing) プロセス等の技術導入も行われている。

#### 【 0 0 0 6 】

また、半導体デバイスの構造や材料も多種多様であり、例えば、GaAs、InP等の化合物を組み合わせて構成したP-HEMT (Pseudomorphic High Electron Mobility Transistor) やM-HEMT (Metamorphe-HEMT) や、SiGe、SiGeC等を使用したHBT (Heterojunction Bipolar Transistor) が提案されている。

#### 【 0 0 0 7 】

一方、回路パターンの微細化に伴い、回路パターンが形成されているレチクルとそれが投影されるウエハとを高精度にアライメントすることも要求されており、その必要精度は回路線幅の1/3であり、例えば、現状の180 nm デザインにおける必要精度はその1/3の60nmである。

#### 【 0 0 0 8 】

露光装置におけるアライメントは、レチクル上の回路パターンと同時にアライメントマークをウエハ上に露光転写し、次のレチクルの回路パターンをウエハ上に露光する際に、前記アライメントマークの位置を光学的に検出して、レチクルに対してウエハを位置決めすることにより行われる。アライメントマークの検出手段としては、顕微鏡によりアライメントマークを拡大して撮像し、そのマーク像の位置を検出する方法や、回折格子をアライメントマークとして用いて、その回折光を干渉させた干渉信号の位相を検出して、回折格子の位置を検出する方法等がある。

#### 【 0 0 0 9 】

##### 【 発明が解決しようとする課題 】

上記のような半導体産業の現状において、露光装置を使用する上で、次工程の設計パターンとウエハに既存する回路パターンとをアライメントする重ね合わせ

精度を向上させることは、半導体素子の性能および製造の歩留まりを向上させるために必須の課題と言える。しかしながら、CMPプロセスなど特殊な半導体製造技術の導入により、回路パターンの構造は良いが、ウエハ間やショット間でアライメントマークの形状にばらつきが発生し、アライメント精度を劣化させる問題が多発している。

#### 【0010】

これは、回路パターンの微細化に伴い、回路パターンとアライメントマークの線幅の差が大きくなって、成膜や、エッチング、CMPなどのプロセス条件が微細な回路パターン（線幅 $0.1\text{--}0.15\mu\text{m}$ ）に最適化されるため、線幅の大きなアライメントマーク（線幅 $0.6\text{--}4.0\mu\text{m}$ ）では、そのプロセス条件が外れるために生じる場合が多い。

#### 【0011】

アライメントマークの線幅を回路パターンの線幅に合わせようとする、アライメントに用いる検出光学系の分解能が足りないため、信号強度またはコントラストが減少し、アライメントマークの検出信号の安定性が悪化する。回路パターンと同等の線幅のアライメントマークを検出できる検出光学系にするには、大きなNA、短い波長の光源が必要となり、投影光学系並みの検出光学系になり、装置コストが上がるなど別の問題も新たに発生する。

#### 【0012】

図18は、半導体製造工程で取得されたアライメントマークを示す図である。

#### 【0013】

図18において、ウエハ上のアライメントマーク101、102、103、104の中央に、レチクル上の回路パターンが転写されるように、レチクルとウエハのアライメントを行った後、露光、現像工程を経て、レジストパターン105が形成される。例えば、図18におけるY方向のアライメントマークの位置検出方法について説明すると、アライメントマーク101とアライメントマーク103の平均値 $Y_{m1}$ と、レジストマーク105の中心位置 $Y_{m2}$ の位置ずれを検出する。ここで、アライメントマークの画像処理範囲は、図示の通りであり、ある領域を非検出方向（X方向）に積分してから各マーク101、103の位置情報を算出

している。

#### 【0014】

したがって、図18のように、アライメントマークに凹凸があると画像処理範囲で、ある程度は平均化されるものの、レジストパターンとの相対的ずれ量を算出する場合に誤差を生じる。

#### 【0015】

現在、このような状況になった場合には、プロセスの条件を変更して、アライメントマークと回路パターンの双方で適切な条件になるように、試行錯誤で条件設定を行ったり、線幅の異なるアライメントマークを何種類か作り込んで露光評価し、最も良いと思われる線幅のアライメントマークを用いるようにしている。

#### 【0016】

したがって、最適な条件（パラメータ）を決定するまでに膨大な時間を要していた。また、一旦パラメータが決定された後であっても、例えばプロセスエラーが発生した場合には、それに応じた製造プロセスの変更に伴って露光装置のパラメータを再度変更する必要性が生じる場合があり、この場合にも膨大な時間を要する。

#### 【0017】

更に今後は、回路パターンの微細化が進むと共に、新たな半導体プロセスの導入や、ウエハ径の300mm化（大径化）などにより、回路パターンとアライメントマークの双方をウエハ全面で欠陥無く作り込むことが益々困難になると予想される。

#### 【0018】

本発明は、上記の背景に鑑みてなされ、その目的は、ウエハ上に形成されるアライメントマークに多少の欠陥があった場合でも当該マークの検出精度を劣化させることなく、高精度に検出できる位置検出方法および位置検出装置を提供することである。

#### 【0019】

##### 【課題を解決するための手段】

上述の課題を解決し、目的を達成するために、本発明の位置検出方法は、物体

の複数の位置検出マークからの光を受光して当該物体の位置を検出する位置検出方法において、前記受光した光から前記位置検出マークの像情報を得る像情報取得工程と、前記像情報を前記位置検出マークの検出方向と略直交する方向に分割した複数のラインの各ラインごとの光強度信号に変換する変換工程と、前記各ラインごとの光強度信号が有効か判定する判定工程と、前記有効なラインの光強度信号から前記位置検出マークの位置情報を算出する位置情報算出工程とを備える。

#### 【0020】

本発明の位置検出装置は、物体の複数の位置検出マークからの光を受光して当該物体の位置を検出する位置検出装置において、前記受光した光から前記位置検出マークの像情報を得る像情報取得部と、前記像情報を前記位置検出マークの検出方向と略直交する方向に分割した複数のラインの各ラインごとの光強度信号に変換する変換部と、前記各ラインごとの光強度信号が有効か判定する判定部と、前記有効なラインの光強度信号から前記位置検出マークの位置情報を算出する位置情報算出部とを具備する。

#### 【0021】

また、好ましくは、上記位置検出方法及び装置は、前記位置情報に対応する位置検出マークの基準位置に対する誤差情報を算出する。

#### 【0022】

本発明の露光装置は、上記位置検出装置により算出された誤差情報に基づいて前記物体を位置決めするために駆動されるステージ装置を備え、当該ステージ装置は前記物体としての基板または原版あるいはその双方を位置決めする。

#### 【0023】

本発明の半導体デバイス製造方法は、上記露光装置を含む各種プロセス用の製造装置群を半導体製造工場に設置する工程と、該製造装置群を用いて複数のプロセスによって半導体デバイスを製造する工程とを有する。

#### 【0024】

本発明の半導体製造工場は、上記露光装置を含む各種プロセス用の製造装置群と、該製造装置群を接続するローカルエリアネットワークと、該ローカルエリア

ネットワークから工場外の外部ネットワークにアクセス可能にするゲートウェイを有し、前記製造装置群の少なくとも 1 台に関する情報をデータ通信することを可能にする。

#### 【0025】

本発明の露光装置の保守方法は、半導体製造工場に設置された上記露光装置の保守方法であって、前記露光装置のベンダ若しくはユーザが、半導体製造工場の外部ネットワークに接続された保守データベースを提供する工程と、前記半導体製造工場内から前記外部ネットワークを介して前記保守データベースへのアクセスを許可する工程と、前記保守データベースに蓄積される保守情報を前記外部ネットワークを介して半導体製造工場側に送信する工程とを有する。

#### 【0026】

また、好ましくは、上記露光装置において、ディスプレイと、ネットワークインタフェースと、ネットワーク用ソフトウェアを実行するコンピュータとをさらに有し、露光装置の保守情報をコンピュータネットワークを介してデータ通信することを可能にする。

#### 【0027】

##### 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施の形態について説明する。

##### 〔露光装置の概略構成〕

図 1 は、本実施形態の半導体露光装置の概略図である。

#### 【0028】

図 1 において、半導体露光装置 1（以下、露光装置 1 と呼ぶ）は、所定の回路パターンが形成されたレチクル 10 を縮小投影する縮小投影光学系 11 と前工程で下地パターンおよびアライメントマークの形成されたウエハ 12 を保持するウエハチャック 13 とウエハ 12 を所定の位置（アライメント位置）に位置決めするウエハステージ 14 と、ウエハ 12 上に形成されたアライメントマーク位置を検出するアライメント検出光学系（アライメントスコープ） 15 を備える。

#### 【0029】

次に、アライメント検出光学系 15 によるアライメントマークの検出原理につ

いて説明する。

### 【0030】

図2は、アライメント検出光学系15の主要な構成要素を示す概略図である。

### 【0031】

図2において、光源18からの照明光は、ビームスプリッタ19で反射されてレンズ20に入射し、レンズ20からウエハ12上のアライメントマーク30を照明する。アライメントマーク30からの回折光は、レンズ20、ビームスプリッタ19、レンズ21を通して、ビームスプリッタ22で分割され、それぞれイメージセンサ23, 24で受光される。ここで、アライメントマーク30は、レンズ20, 21により100倍程度の結像倍率で拡大され、イメージセンサ23, 24に結像される。イメージセンサ23, 24はそれぞれ、アライメントマーク30のX方向の位置ずれ検出、アライメントマーク30のY方向の位置ずれ検出に用いられ、光軸に対して略90度回転させた状態で配置されている。

### 【0032】

イメージセンサ23, 24は、アライメントマーク30の光学像を光電変換した撮像信号を信号処理部16に送出し、信号処理部16ではこの撮像信号に基づいてアライメントマーク30の位置情報を算出し、中央演算処理装置17では信号処理部16で算出された位置情報からウエハの位置ずれを補正するようにウエハステージ14を位置決めする。

### [第1実施形態]

次に、第1実施形態のアライメントマーク位置の検出方法を説明する。

### 【0033】

尚、上記X方向とY方向のアライメントマーク位置の検出原理は同じなのでX方向のマーク位置検出方法についてのみ説明する。

### 【0034】

アライメントマーク30としては、図3または図4に示す形状のマークが用いられ、図3ではマーク検出方向であるX方向に4 $\mu$ m、当該マーク検出方向に略直交するY方向に12 $\mu$ mの矩形のマークがX方向に等間隔で20 $\mu$ mピッチで4本並べて配列されている。マーク部の断面はエッチングにより凹状をなしてい

る。なお、実際には、マーク部上にレジストが塗布されているが図示を省略している。一方、図4に示すマークは、図3のマーク外形に対して $0.6\mu\text{m}$ の線幅の輪郭部分を形成した形状となっている。

#### 【0035】

図3と図4のいずれのアライメントマークを用いても、アライメント検出光学系15のレンズのNAに入らない大きな角度となり、マーク部におけるエッジ部での散乱光の発生やエッジ部での散乱光での干渉によって、イメージセンサ23で撮像された像情報は図7に示す如くなる。また、図3のアライメントマークではそのエッジ部が暗く、図4のアライメントマークでは凹部が暗く又は明るくなる。これは、明視野画像で多く観察される像の特徴である。

#### 【0036】

さて、このように撮像されたアライメントマークの像情報は信号処理部16により以下のように処理される。

#### 【0037】

図5は、アライメントマークの2次元画像を示す図であり、図6は、イメージセンサの構成を示す図である。

#### 【0038】

本実施形態のイメージセンサ23、24は、アライメントマーク30の2次元画像情報を取り込むH(X方向)512画素、V方向(Y方向)60画素のCCDカメラであり、画素ピッチはH,V方向が共に $24\mu\text{m}$ である。図6では、説明を容易化するために、 $7*6$  (H\*V) の画素数とし、さらに、アライメントマーク30の像も模式的に表現されている。

#### 【0039】

図6において、31はフォトダイオード、32は垂直転送CCD、33は水平転送CCD、34は出力回路、35はデジタル信号への変換器、36はメモリ、37はCPUである。

#### 【0040】

フォトダイオード31で光電変換された電荷は垂直転送CCD32で垂直方向に転送され、水平転送CCD33に次々に転送されて1行分(図6では7画素分

、実際には512画素分)が入力されるごとに、電荷を水平方向に転送し、出力回路34を介して撮像信号が出力される。このようにして1ラインずつの撮像信号が変換器35でデジタル信号に変換された後にメモリ36に記憶される。CPU37は、不図示の垂直および水平方向のCCD駆動回路を制御し、各ライン番号にそのラインの撮像信号が対応するように管理している。

#### 【0041】

以上のようにして、イメージセンサ23上の2次元画像情報として、各ライン(検出方向)での光強度分布として、図7に示すようにラインごとの撮像信号(ライン信号)が取得される。

#### 【0042】

次に、各ライン信号からアライメントマークの位置情報を算出する信号処理について説明する。

#### 【0043】

本実施形態におけるアライメントマークの位置情報の算出には、テンプレートマッチング法が用いられる。テンプレートマッチング法は、図8のSで示す像情報を表すライン信号と予め装置側で持っているテンプレート(図8のT)との相関演算を行うもので、最も相関の高い位置情報をアライメントマークの中心位置として検出する。図8のEで示す相関値の関数においてピーク画素から左右に数画素の領域の重心画素位置を求めることにより、1/10から1/50画素の分解能を達成できる。

#### 【0044】

テンプレートマッチングに用いられる算術式は下記式1で表される。

#### 【0045】

【数2】

$$E(X) = \frac{1}{\sum_{J=-k}^k |S(X+J) - T(J)|^2} \dots\dots\dots (1)$$

#### 【0046】

ここで、Sはイメージセンサで検知したライン信号、Tはテンプレート、Eは相関結果である。

#### 【0047】

信号S、テンプレートT、相関値Eの関係を図示すると図8に示す如くなる。図8では4本のアライメントマークのうち、1本のアライメントマークの撮像信号に関する処理を示している。なお、テンプレートとしては、撮像信号波形の対称性を利用して、図8のSで示される左半分を検出方向に対して折り返して相関演算を行い、アライメントマークの位置情報を算出する方法も提案されており（例えば、特開平8-94315号公報）、アライメントマークの位置情報の算出は本実施形態のテンプレートマッチング方式に限定されるものではない。

#### 【0048】

以下同様に他の3本のアライメントマークのライン信号についても、テンプレートマッチング法によりイメージセンサにより検知された各ライン信号から各位置情報が算出される。

#### 【0049】

先ず、テンプレートマッチング法により、各ラインのアライメントマークの位置情報 $X1(n)$ ,  $X2(n)$ ,  $X3(n)$ ,  $X4(n)$ を求める（単位は画素）。ここでnはライン番号である。その後、各アライメントマークの平均位置を下記式2から求める。

#### 【0050】

$$Xa(n)=[X1(n)+X2(n)+X3(n)+X4(n)]/4 \cdots (2)$$

各イメージセンサの撮像信号からアライメントマーク30の位置ずれ $Xw(n)$ は、アライメントスコープ15の結像倍率をM、イメージセンサ23のアライメントマークの検出方向の画素ピッチを $Px$ とすると、

$$Xw(n)=Xa(n)/(Px \cdot M) \cdots (3)$$

として求められる。本実施形態の場合は、倍率 $M=100$ 、画素ピッチ $24\mu m$ なので、センサ上における1画素の位置ずれは、ウエハ上のアライメントマークの位置ずれとして $24\mu m/100=240nm$ に相当する。

#### 【0051】

次に、アライメントマークに欠陥があった場合の不要なライン信号の決定方法

について説明する。

#### 【0052】

図7は、ラインNo.3の左端のアライメントマークに欠陥があった場合の信号波形例を模式的に示している。図7において、ラインNo.3の信号波形は他の信号波形に比べて形状が異なる。本実施形態では、4本のアライメントマーク間のピッチ（間隔）を判定基準に用いる。アライメントマーク間のピッチ $P1(n)$ 、 $P2(n)$ 、 $P3(n)$ は、 $P1(n)=X2(n)-X1(n)$ 、 $P2(n)=X3(n)-X2(n)$ 、 $P3(n)=X4(n)-X3(n)$ として容易に求められる。

#### 【0053】

そして、各マーク間のピッチ $P1(n)$ 、 $P2(n)$ 、 $P3(n)$ を平均して $Pa(n)$ を求めて、各ライン信号から得られた $Pa(n)$ の平均値 $Paa$ を算出し、その平均値 $Paa$ からの偏差が所定範囲内のライン信号のみを使用し、その他のライン信号は不要となる。

#### 【0054】

図9は、図7のライン信号から得られるアライメントマークピッチとその度数分布を示したものであり、この場合は標準偏差 $\sigma$ 外のライン信号を不要ラインとして、位置ずれ検出処理の対象から除外する。

#### 【0055】

本実施形態では、なるべく高速に検出処理を行うため、イメージセンサの画素ピッチを $24\mu\text{m}$ として、画素数を512画素 $\times$ 60画素とイメージセンサとしては非常に画素数の少ないセンサを使用している。そのため、分解能を向上させる目的で、イメージセンサの取り付けに工夫をしている。すなわち、図10に示すようにアライメントマークの検出方向 $X$ に対して、イメージセンサの $X'$ 方向の軸を角度 $\theta$ だけ回転した状態にしている。その回転角度 $\theta$ は、マークの非検出方向（ $Y$ 方向）の両端（50画素分）で $X'$ 方向に1画素分に相当する20mradの角度に設定されている。これにより、全ラインが使用できた場合、理論的には回転が無い場合に比べて、1/50まで検出分解能を向上させることができる。一方、回転角度 $\theta$ があることにより、各ラインにおいてライン信号にオフセットが生じる。全ラインを処理する場合には問題無いが、本例のように有効なライン信号をピックアップする場合には問題が発生する。そこで、この回転角度 $\theta$ に応じて、各ラインご

とに位置ずれオフセット値 $S(n)$ を設定する。このオフセット値 $S(n)$ は、ライン数 50 で 1 画素の位置ずれ量 240nm なので  $n$  をライン番号として下記式 4 で表される。

【 0 0 5 6 】

$$S(n)=240/50\times n[\text{nm}]\cdots (4)$$

したがって、アライメントマークの位置ずれ $X_w$ は、有効なライン信号の信号処理結果のみを用いて、

$$X_w=1/N\times \sum [X_a(n)+S(n)]\cdots (5)$$

として求められる。ここで  $N$  は有効ライン数である。

【 0 0 5 7 】

イメージセンサの各画素は、一般的にダーク成分や、光電変換効率にばらつきがあるため、例えばレジストパターン等の欠陥の無い理想的な形状のアライメントマークを撮像して、予め画素間での差を補正值として取得しておくことが好ましい。その際、同時にイメージセンサとアライメントマークの回転角度差に伴うライン毎のオフセット値 $S(n)$ も同時に取得できる。

【 0 0 5 8 】

以上  $X$  方向のアライメントマークの位置検出方法について説明したが、 $Y$  方向のアライメントマーク ( $X$  方向のアライメントマークを 90 度回転したもの) の位置検出についても、イメージセンサ 24 を用いて同様に行うことができる。

【 0 0 5 9 】

また、本実施形態では、より信号処理を高速に行うために、画素ピッチが荒く総画素数の少ないイメージセンサを使用した場合の例で説明したが、画素ピッチが  $3.5\mu\text{m}$  で総画素数が 400 万を超える CCD も生産されており、より分解の高い位置検出をする場合には、このような画素ピッチの細かいセンサを用いるのが好ましい。この場合、非検出方向の画素ピッチが細くなり、ライン数が 1000 本を超える場合があるが、このような時は、数十本のライン信号で平均して 10 ～ 50 程度の信号数にし、その中で有効なライン信号、不要なライン信号の判定をすればよい。

【 0 0 6 0 】

さらにイメージセンサとしては、CCD の他に C-MOS 型のセンサを用いること

もできる。

#### 【0 0 6 1】

ここで、図 1 1 のフローチャートを用いて、上記有効なライン信号のみを用いたアライメントマークの位置ずれ量の算出方法について説明する。

#### 【0 0 6 2】

図 1 1 において、ステップ S 6 0 でアライメントスコープ 1 5 の下に検出すべきウエハ 1 2 上のアライメントマーク 3 0 が位置決めされる。この際、前もって、アライメントスコープ 1 5 の有効視野内にアライメントマーク 3 0 が収まるように、プリアライメントなどにより、ウエハ 1 2 の位置ずれを補正しておくものとする。

#### 【0 0 6 3】

ステップ S 6 1 では、アライメントスコープ 1 5 によりアライメントマーク 3 0 の 2 次元画像を取得する。

#### 【0 0 6 4】

ステップ S 6 2 では、ステップ S 6 1 で取得した 2 次元画像を各ラインごとに光強度信号に変換する。

#### 【0 0 6 5】

ステップ 6 3 では、各ライン信号が有効であるか不要であるかを選定する。

#### 【0 0 6 6】

ステップ S 6 4 では、有効なライン信号のみを用いてアライメントマーク 3 0 の位置ずれ量を算出する。

#### 【0 0 6 7】

以上のように、アライメントマークの一部に欠陥があった場合であっても、その欠陥部の信号を効果的に除去して欠陥の影響を受けずに高精度にアライメントマークの位置を検出することができる。

#### 【0 0 6 8】

続いて、上記のように算出されたアライメントマークの位置ずれからウエハをアライメントする方法について説明する。

#### 【0 0 6 9】

本実施形態ではグローバルアライメント(AGA)を適用している。グローバルアライメントでは、ウエハ上の全チップ(ショット)の内、数ショットを選択して(選択したショットをサンプルショットと呼ぶ)、そのショット内にあるアライメントマークの位置情報が検出される。

#### 【0070】

図12は、上記露光装置1のウエハステージのx y座標系に対して、ウエハ上のショット配列がずれている様子を示し、ウエハの位置ずれとしては、x方向のシフトSxと、y方向のシフトSyと、x軸に対する傾き $\theta_x$ と、y軸に対する傾き $\theta_y$ と、x方向の倍率Bxと、y方向の倍率Byとの6つのパラメータで記述できる。なお、各倍率Bx、Byは露光装置のウエハステージの送り方向を基準にウエハの伸縮を表し、このウエハの伸縮は半導体プロセスの成膜やエッチングにより引き起こされる。

#### 【0071】

ここで、上記のように検出されたAGAの各サンプルショットの位置情報をAi (iは検出ショットNo.)、すなわち、

#### 【0072】

【数3】

$$A_i = \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix} \quad \dots \dots (6)$$

とし、サンプルショットのアライメントマーク設計位置座標をDiとして、

#### 【0073】

【数4】

$$D_i = \begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \end{pmatrix} \quad \dots \dots (7)$$

と記述する。

#### 【0074】

AGAでは、先に示したウエハの位置ずれを表す6つのパラメータ (Sx、Sy、 $\theta_x$

、 $\theta_y$ 、 $B_x$ 、 $B_y$ ) を用いて、以下の 1 次の座標変換 $D'_i$ を行う。

【0 0 7 5】

【数 5】

$$D'_i = \begin{pmatrix} B_x & -\theta_y \\ \theta_x & B_y \end{pmatrix} D_i + \begin{pmatrix} S_x \\ S_y \end{pmatrix} \quad \dots \dots (8)$$

【0 0 7 6】

上記式 8 では、簡単のため $\theta_x$ 、 $\theta_y$ 、 $B_x$ 、 $B_y$ は微小量であるため $\cos \theta = 1$ 、 $\sin \theta = \theta$ 、 $\theta_x * B_x = \theta_x$ 、 $\theta_y * B_y = \theta_y$ 等の近似式が用いられる。

【0 0 7 7】

図 1 3 には、上記式 8 の 1 次の座標変換を行う様子を示している。Wで示す位置にウエハ上のアライメントマークがあり、設計上の位置であるMの位置から $A_i$ だけずれており、座標変換 $D'_i$ を行うとウエハ上のアライメントマークの位置ずれ(残留誤差) $R_i$ は下記式 9 で算出される。

【0 0 7 8】

$$R_i = (D_i + A_i) - D'_i \quad \dots \quad (9)$$

AGAでは各サンプルショットでの残留誤差 $R_i$ が最小になるように最小 2 乗法を適用して、残留誤差 $R_i$ の平均 2 乗和が最小となるAGAパラメータ ( $S_x$ 、 $S_y$ 、 $\theta_x$ 、 $\theta_y$ 、 $B_x$ 、 $B_y$ ) を算出する。

【0 0 7 9】

## 【数 6】

$$V = \frac{1}{n} \sum |R_i|^2$$

$$= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} B_x - 1 & -\theta_y \\ \theta_x & B_y - 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} S_x \\ S_y \end{pmatrix} \right|^2 \dots \dots (10)$$

$$\begin{pmatrix} \delta V / \delta S_x \\ \delta V / \delta S_y \\ \delta V / \delta R_x \\ \delta V / \delta R_y \\ \delta V / \delta B_x \\ \delta V / \delta B_y \end{pmatrix} = 0 \dots \dots (11)$$

## 【0080】

上記式 10, 11 に、各サンプルショットでのアライメントマークの位置情報  $(x_i, y_i)$ 、及びアライメントマーク設計位置  $(X_i, Y_i)$  を代入して、AGA パラメータ  $(S_x, S_y, \theta_x, \theta_y, B_x, B_y)$  を求め、その AGA パラメータに基づいて位置ずれを補正して各ショットの位置決めを行い、レチクル上のパターンをウエハ上に露光転写する。

## [第 2 実施形態]

次に、第 2 実施形態のアライメントマーク位置の検出方法について説明する。

## 【0081】

本実施形態は第 1 実施形態と同様に、半導体露光装置のアライメントに適用される。第 1 実施形態は、2 次元画像を取得した後の有効ライン／不要ラインの選定方法が異なる。第 1 実施形態では有効ラインの判定方法にアライメントマークのピッチを利用しているのに対して、第 2 実施形態では、AGA パラメータから算出される AGA の残留誤差  $R_i$  を利用している。

## 【0082】

露光装置およびアライメントマーク検出光学系ならびにアライメントマークの構成は第 1 実施形態と同じであるため説明は省略する。

## 【0083】

まず、第 1 実施形態と同様にウエハ 12 上のアライメントマーク 30 の 2 次元

画像をAGAの全てのサンプルショットに対して取得する。続いて、ラインごとの信号に変換した後にテンプレートマッチング法により各ラインごとのアライメントマークの位置情報 $X1(n), X2(n), X3(n), X4(n)$ を求める（単位は画素）。さらに上記式2によって各ショットごとの各ライン信号からアライメントマークのX方向の位置情報 $X_{ai}(n)$ を算出する。ここで添え字 $i$ はショット番号を表す。同様にアライメントマークのY方向の位置情報 $Y_{ai}(n)$ を算出する。

#### 【0084】

そして、上記式10、11の $(x_i, y_i)$ に各サンプルショットでの位置情報 $\{X_{ai}(n), Y_{ai}(n)\}$ とアライメントマーク設計位置 $(X_i, Y_i)$ を代入して、ライン $n$ ごとにAGAパラメータ $(S_x(n), S_y(n), \theta_x(n), \theta_y(n), B_x(n), B_y(n))$ を求め、さらに、上記式9にこれらを代入することにより、各ラインでの残留誤差量 $R_i(n) = (R_{xi}(n), R_{yi}(n))$ が求まる。ここで、この残留誤差量 $R_i(n)$ のばらつき $3\sigma_x(n)$ を各ラインごとに算出する。

#### 【0085】

図14は、各ラインの残留誤差量 $R_i(n)$ のばらつき $3\sigma_x(n)$ をヒストグラムで示し、アライメントマークに欠陥などの異常があるライン信号では、あたかもショットの配列が直線からずれたかのような結果になるため残留誤差が大きくなる。図14のように、残留誤差が所定閾値以下になるライン信号のみを有効とし、その閾値を超えるライン信号は不要なライン信号と判定する。

#### 【0086】

以上の方法により、有効なライン信号の信号処理結果のみを用いて、各ショットの位置ずれ量を上記式5により求めて、その位置ずれ量と上記式10、11から最終的なAGAパラメータ $(S_x, S_y, \theta_x, \theta_y, B_x, B_y)$ を求め、そのAGAパラメータに基づいて位置ずれを補正して各ショットの位置決めを行い、レチクル上のパターンをウエハ上に露光転写する。なお、上記所定閾値としては、その露光装置内のウエハステージの位置決め再現性精度の2倍程度の値にする。

#### 【0087】

第1と第2の実施形態の相違点を別の視点から観察すると、第1実施形態では、1つのショット内のアライメントマークのみを使って不要なライン信号を判定

しているのに対して、第2実施形態では、ウエハ上の数ショットのアライメントマークのライン信号を利用することになる。逆に言えば、第1実施形態ではアライメントマークとしては同じ形状のパターンが特定のピッチで複数配置されている必要があったが、第2実施では、1つの矩形パターンがあれば良く、ショット内でのアライメントマークの占有面積を減少させられるという特有の効果がある。

#### 【0088】

また、第1及び第2実施形態で示したライン信号の有効／不要の判定方法の他に、テンプレートマッチング法によって最良にマッチングした信号とテンプレートとの差分値を各ラインごとに求めて、その差分値が所定閾値以下になるライン信号を有効ラインと判定するようにしても良い。

#### 【0089】

更に、第1と第2実施形態で示した露光装置1は、縮小投影光学系を持つことを例示したが、露光装置はこれに限らず、例えば、X線を露光光源とし、マスク上のパターンを1：1で投影するX線露光装置や、ウエハ上に複数のショットをEBで描画するEB描画露光装置などの場合にも同様に適用できる。

#### 〔第3実施形態〕

次に、第3実施形態として、ウエハ上の既存の回路パターンに対する次工程の回路パターンの相対位置精度（重ね合わせ精度）を検証するための重ね合わせ検証マーク位置の検出方法について説明する。

#### 【0090】

図15は、第3実施形態の重ね合わせ検証マーク位置の検出方法に用いるアライメント検出光学系の主要な構成要素を示す概略図で、第1実施形態と同一の部材には同一の符号を付して示している。

#### 【0091】

図15において、第3実施形態のアライメント検出光学系は、ウエハ上の既存の回路パターンに対する次工程の回路パターンの相対位置精度（重ね合わせ精度）を検証する装置に用いられ、光源18からの照明光は、ビームスプリッタ19で反射されてレンズ20に入射し、レンズ20からウエハ12上の重ね合わせ検

証マーク 50 を照明する。重ね合わせ検証マーク 50 からの回折光は、レンズ 20、ビームスプリッタ 19、レンズ 21 を通って、ビームスプリッタ 22 で分割され、それぞれイメージセンサ 23、24 で受光される。ここで、重ね合わせ検証マーク 50 は、レンズ 20、21 により 100 倍程度の結像倍率で拡大され、イメージセンサ 23、24 に結像される。イメージセンサ 23、24 はそれぞれ、重ね合わせ検証マーク 50 の X 方向の位置ずれ検出、重ね合わせ検証マーク 50 の Y 方向の位置ずれ検出に用いられ、光軸に対して略 90 度回転させた状態で配置されている。

#### 【0092】

また、ウエハ 12 はウエハチャック 51 に保持され、ウエハチャック 51 は X Y ステージ 52 によりウエハ 12 の位置をアライメント検出光学系 15 に対して位置決めできるように構成されている。

#### 【0093】

次に、第 3 実施形態の重ね合わせ検証マーク位置の検出方法を説明する。

#### 【0094】

尚、上記 X 方向と Y 方向の重ね合わせ検証マーク位置の検出原理は同じなので X 方向のマーク位置検出方法についてのみ説明する。

#### 【0095】

重ね合わせ検証マーク 50 としては、図 16 に示す形状のマーク 50 a、50 b が用いられ、図 16 では半導体製造工程の前工程のレイヤー位置を示す下地マーク 50 a としてマーク検出方向である X 方向に  $1\ \mu\text{m}$ 、当該マーク検出方向に略直交する Y 方向に  $15\ \mu\text{m}$  の矩形のマークが X 方向に等間隔で  $20\ \mu\text{m}$  ピッチで 2 本並べて配列されている。

#### 【0096】

また、前工程のマーク 50 a に対して位置決めされた後に現在のレイヤー位置を示すマーク 50 b として、下地マーク 50 a の内側に X 方向に  $1\ \mu\text{m}$  幅、Y 方向に  $7\ \mu\text{m}$  の矩形のマークが  $10\ \mu\text{m}$  ピッチで 2 本並べて配列されている。

#### 【0097】

下地マーク 50 a は半導体プロセスで作製されたエッチングマークで、現在の

レイヤー位置を示すマーク 50b はレジストパターンである。前工程のレイヤーに対する現在のレイヤーの位置ずれは、2つの矩形マーク 50a の中心位置に対して、2つの矩形マークの中心位置のずれ量(dx, dy)を検出することにより求められる。

#### 【0098】

図17は、図16の重ね合わせ検証マークをイメージセンサ23で撮像した2次元画像と各ラインごとのライン信号の強度分布を例示し、下地マーク 50a のライン信号 50a' はテンプレート T1 により、また、レジストパターン 50b のライン信号 50b' はテンプレート T2 により、テンプレートマッチング法を用いて夫々の位置情報(左からX1(n), X2(n), X3(n), X4(n)、nはラインNo.)が検出される。

#### 【0099】

その後、各ラインごとに2つの下地マーク 50a 間の距離 $P1(n)=X4(n)-X1(n)$ を求め、2つのレジストパターン 50b 間の距離 $P2(n)=X3(n)-X2(n)$ を求める。本実施形態のライン信号の有効／不要の判定には、第1実施形態と同様に、各ライン信号から取得した $P1(n)$ の平均値 $P1a$ と $P2(n)$ の平均値 $P2a$ を算出し、その平均値からの偏差が所定範囲内のライン信号のみを使用し、その他のラインのライン信号を不要とする。例えば、標準偏差 $\sigma$ 外のライン信号を不要として、位置ずれ検出処理の対象から除外している。こうして、有効なライン信号のみの平均値を算出して、各マーク 50a, 50b の位置情報(X1a, X2a, X3a, X4a)を求める。

#### 【0100】

下地マーク 50a に対するレジストマーク 50b の位置ずれdXは、レンズ20, 21による結像倍率をM、イメージセンサ23の検出方向の画素ピッチを $P_x$ として、

$$dX = (Xb - Xa) / (P_x \cdot M) \cdots (12)$$

により求められる。Xb, Xaはそれぞれ、2つのレジストマーク 50b のライン信号 50b' の中間位置 $Xb = (X2a + X3a) / 2$ 、2つの下地マーク 50a のライン信号 50a' の中間位置 $Xa = (X1a + X4a) / 2$ である。

#### 【0101】

同様に、y 方向についても、イメージセンサ 23 と光軸に対して略 90 度回転させたイメージセンサ 24 で検出した 2 次元画像を用いて、不要ラインを除去して、Y 方向の位置ずれ  $dY$  を検出することができる。

### 【0102】

なお、第 3 実施形態の位置検出においても、第 2 実施形態の方法でライン信号の有効／不要の判定をすることも可能である。すなわち、ウエハ上の各ショットの位置ずれ  $(x_i, y_i)$  を検出し、重ね合わせ検証マーク位置  $(X_i, Y_i)$  と共に上記式 10, 11 に代入して、補正パラメータ  $(S_x, S_y, \theta_x, \theta_y, B_x, B_y)$  を求め（線形成分）、それを上記式 9 に代入して残留誤差  $R_i$ （非線形成分）を求める。これにより求まる補正パラメータ  $(S_x, S_y, \theta_x, \theta_y, B_x, B_y)$  は、そのウエハを露光した露光装置のグローバルアライメント誤差となり、残留誤差  $R_i$  は露光装置のウエハステージ位置決め再現性精度の 2 倍の値に相当する。更に、マークに欠陥があった場合には、残留誤差  $R_i$  がウエハステージ位置決め再現性精度の 2 倍の値を超えることから判断できる。このように、イメージセンサの各ラインについて残留誤差  $R_i$  を算出し、露光評価を行う露光装置のウエハステージ位置決め再現性精度の 2 倍の値を閾値として、この値を超えるライン信号を不要と判断し、残りの有効なライン信号で算出した位置ずれ量の平均値を検出結果としても良い。

### 〔半導体生産システム〕

次に、上記説明した位置検出装置を有する露光装置を利用した半導体等のデバイス（IC や LSI 等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の生産システムの例を説明する。これは、半導体製造工場に設置された製造装置のトラブル対応や定期メンテナンス、若しくはソフトウェア提供等の保守サービスを、製造工場外のコンピュータネットワーク等を利用して行うものである。

### 【0103】

図 19 は、全体システムをある角度から切り出して表現したものである。図中、101 は半導体デバイスの製造装置を提供するベンダ（装置供給メーカ）の事業所である。製造装置の実例として、半導体製造工場で使用する各種プロセス用

の半導体製造装置、例えば、前工程用機器（露光装置、レジスト処理装置、エッチング装置等のリソグラフィ装置、熱処理装置、成膜装置、平坦化装置等）や後工程用機器（組立て装置、検査装置等）を想定している。事業所101内には、製造装置の保守データベースを提供するホスト管理システム108、複数の操作端末コンピュータ110、これらを結んでイントラネット等を構築するローカルエリアネットワーク（LAN）109を備える。ホスト管理システム108は、LAN109を事業所の外部ネットワークであるインターネット105に接続するためのゲートウェイと、外部からのアクセスを制限するセキュリティ機能を備える。

#### 【0104】

一方、102～104は、製造装置のユーザとしての半導体製造メーカの製造工場である。製造工場102～104は、互いに異なるメーカに属する工場であってもよいし、同一のメーカに属する工場（例えば、前工程用の工場、後工程用の工場等）であってもよい。各工場102～104内には、夫々、複数の製造装置106と、それらを結んでイントラネット等を構築するローカルエリアネットワーク（LAN）111と、各製造装置106の稼動状況を監視する監視装置としてホスト管理システム107とが設けられている。各工場102～104に設けられたホスト管理システム107は、各工場内のLAN111を工場の外部ネットワークであるインターネット105に接続するためのゲートウェイを備える。これにより各工場のLAN111からインターネット105を介してベンダ101側のホスト管理システム108にアクセスが可能となり、ホスト管理システム108のセキュリティ機能によって限られたユーザだけがアクセスが許可となっている。具体的には、インターネット105を介して、各製造装置106の稼動状況を示すステータス情報（例えば、トラブルが発生した製造装置の症状）を工場側からベンダ側に通知する他、その通知に対応する応答情報（例えば、トラブルに対する対処方法を指示する情報、対処用のソフトウェアやデータ）や、最新のソフトウェア、ヘルプ情報等の保守情報をベンダ側から受け取ることができる。各工場102～104とベンダ101との間のデータ通信及び各工場内のLAN111でのデータ通信には、インターネットで一般的に使用されている通信

プロトコル (TCP/IP) が使用される。なお、工場外の外部ネットワークとしてインターネットを利用する代わりに、第三者からのアクセスができずにセキュリティの高い専用線ネットワーク (ISDN等) を利用することもできる。また、ホスト管理システムはベンダが提供するものに限らずユーザがデータベースを構築して外部ネットワーク上に置き、ユーザの複数の工場から該データベースへのアクセスを許可するようにしてもよい。

### 【0105】

さて、図20は、本実施形態の全体システムを図19とは別の角度から切り出して表現した概念図である。先の例では、それぞれが製造装置を備えた複数のユーザ工場と、該製造装置のベンダの管理システムとを外部ネットワークで接続して、該外部ネットワークを介して各工場の生産管理や少なくとも1台の製造装置の情報をデータ通信するものであった。これに対し本例は、複数のベンダの製造装置を備えた工場と、該複数の製造装置のそれぞれのベンダの管理システムとを工場外の外部ネットワークで接続して、各製造装置の保守情報をデータ通信するものである。図中、201は製造装置ユーザ（半導体デバイス製造メーカ）の製造工場であり、工場の製造ラインには各種プロセスを行う製造装置、ここでは例として露光装置202、レジスト処理装置203、成膜処理装置204が導入されている。なお、図20では、製造工場201は1つだけ描いているが、実際は複数の工場が同様にネットワーク化されている。工場内の各装置はLAN206で接続されてイントラネット等を構成し、ホスト管理システム205で製造ラインの稼動管理がされている。一方、露光装置メーカ210、レジスト処理装置メーカ220、成膜装置メーカ230等、ベンダ（装置供給メーカ）の各事業所には、それぞれ供給した機器の遠隔保守を行うためのホスト管理システム211、221、231を備え、これらは上述したように保守データベースと外部ネットワークのゲートウェイを備える。ユーザの製造工場内の各装置を管理するホスト管理システム205と、各装置のベンダの管理システム211、221、231とは、外部ネットワーク200であるインターネット若しくは専用線ネットワークによって接続されている。このシステムにおいて、製造ラインの一連の製造機器の中のどれかにトラブルが起きると、製造ラインの稼動が休止してしまうが、

トラブルが起きた機器のベンダからインターネット 200 を介した遠隔保守を受けることで迅速な対応が可能で、製造ラインの休止を最小限に抑えることができる。

#### 【0106】

半導体製造工場に設置された各製造装置はそれぞれ、ディスプレイと、ネットワークインタフェースと、記憶装置にストアされたネットワークアクセス用ソフトウェアならびに装置動作のソフトウェアを実行するコンピュータを備える。記憶装置としては内蔵メモリやハードディスク、若しくはネットワークファイルサーバ等である。上記ネットワークアクセス用ソフトウェアは、専用又は汎用のウェブブラウザを含み、例えば図 21 に一例を示す様な画面のユーザインタフェースをディスプレイ上に提供する。各工場で製造装置を管理するオペレータは、画面を参照しながら、製造装置の機種 401、シリアルナンバー 402、トラブルの件名 403、発生日 404、緊急度 405、症状 406、対処法 407、経過 408 等の情報を画面上の入力項目に入力する。入力された情報はインターネットを介して保守データベースに送信され、その結果の適切な保守情報が保守データベースから返信されディスプレイ上に提示される。また、ウェブブラウザが提供するユーザインタフェースは、さらに図示の毎くハイパーリンク機能 410, 411, 412 を実現し、オペレータは各項目の更に詳細な情報にアクセスしたり、ベンダが提供するソフトウェアライブラリから製造装置に使用する最新バージョンのソフトウェアを引出したり、工場のオペレータの参考に供する操作ガイド（ヘルプ情報）を引出したりすることができる。ここで、保守データベースが提供する保守情報には、上記説明した本発明に関する情報も含まれ、また前記ソフトウェアライブラリは本発明を実現するための最新のソフトウェアも提供する。

#### 【0107】

次に、上記説明した生産システムを利用した半導体デバイスの製造プロセスを説明する。図 22 は、半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す。ステップ S1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ S2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、

ステップ S 3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ S 4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ S 5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ S 4 によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の組立て工程を含む。ステップ S 6（検査）ではステップ S 5 で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これを出荷（ステップ S 7）する。前工程と後工程はそれぞれ専用の別の工場で行い、これらの工場毎に上記説明した遠隔保守システムによって保守がなされる。また、前工程工場と後工程工場との間でも、インターネットまたは専用線ネットワークを介して生産管理や装置保守のための情報がデータ通信される。

#### 【0 1 0 8】

図 2 3 は、上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ S 1 1（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ S 1 2（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を成膜する。ステップ S 1 3（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ S 1 4（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ S 1 5（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ S 1 6（露光）では上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ S 1 7（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ S 1 8（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ S 1 9（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンを形成する。各工程で使用する製造機器は上記説明した遠隔保守システムによって保守がなされているので、トラブルを未然に防ぐと共に、もしトラブルが発生しても迅速な復旧が可能で、従来に比べて半導体デバイスの生産性を向上させることができる。

#### 【0 1 0 9】

上記実施形態によれば、プロセス要因でウエハ平面度の欠陥があった場合には

、強制露光が可能であることから、エッチング時に、周辺に正常に露光されたショットに及ぼす影響を最小限にすることができるため、ウエハの歩留まりが向上する。

#### 【0110】

チャック要因でウエハ平面度の欠陥があった場合には、フォーカス制御エラーが発生した場所をウエハ枚葉間で記憶する機能を具備しているため、上記効果に加えてウエハチャックの汚染を速やかに発見することができる。

#### 【0111】

また、床からの外乱等の影響でフォーカス制御エラーが発生した場合は、スキャン露光の前であれば露光を中止しリトライする機能を具備しているため、露光不良ショットの率を低減することができ、歩留まりが向上する。

#### 【0112】

さらに、上記リトライや強制露光の判断を自動で行う機能を具備したことにより、オペレータの判断待ちで装置が停止している時間を最小限にすることができ、装置の稼働率が向上する。

#### 【0113】

##### 【他の実施形態】

本発明は、前述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラム（本発明の位置検出方法）を、システム或いは装置に直接或いは遠隔から供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータが該供給されたプログラムコードを読み出して実行することによっても達成される場合を含む。その場合、プログラムの機能を有していれば、形態は、プログラムである必要はない。

#### 【0114】

従って、本発明の機能処理をコンピュータで実現するために、該コンピュータにインストールされるプログラムコード自体も本発明を実現するものである。つまり、本発明のクレームでは、本発明の機能処理を実現するためのコンピュータプログラム自体も含まれる。

#### 【0115】

その場合、プログラムの機能を有していれば、オブジェクトコード、インタプリ

リタにより実行されるプログラム、OSに供給するスクリプトデータ等、プログラムの形態を問わない。

【0 1 1 6】

プログラムを供給するための記録媒体としては、例えば、フロッピー（登録商標）ディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、MO、CD-ROM、CD-R、CD-RW、磁気テープ、不揮発性のメモ리카ード、ROM、DVD（DVD-ROM、DVD-R）などがある。

【0 1 1 7】

その他、プログラムの供給方法としては、クライアントコンピュータのブラウザを用いてインターネットのホームページに接続し、該ホームページから本発明のコンピュータプログラムそのもの、もしくは圧縮され自動インストール機能を含むファイルをハードディスク等の記録媒体にダウンロードすることによっても供給できる。また、本発明のプログラムを構成するプログラムコードを複数のファイルに分割し、それぞれのファイルを異なるホームページからダウンロードすることによっても実現可能である。つまり、本発明の機能処理をコンピュータで実現するためのプログラムファイルを複数のユーザに対してダウンロードさせるWWWサーバも、本発明のクレームに含まれるものである。

【0 1 1 8】

また、本発明のプログラムを暗号化してCD-ROM等の記憶媒体に格納してユーザに配布し、所定の条件をクリアしたユーザに対し、インターネットを介してホームページから暗号化を解く鍵情報をダウンロードさせ、その鍵情報を使用することにより暗号化されたプログラムを実行してコンピュータにインストールさせて実現することも可能である。

【0 1 1 9】

また、コンピュータが、読み出したプログラムを実行することによって、前述した実施形態の機能が実現される他、そのプログラムの指示に基づき、コンピュータ上で稼動しているOSなどが、実際の処理の一部または全部を行ない、その処理によっても前述した実施形態の機能が実現され得る。

【0 1 2 0】

さらに、記録媒体から読み出されたプログラムが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれた後、そのプログラムの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わるCPUなどが実際の処理の一部または全部を行ない、その処理によっても前述した実施形態の機能が実現される。

#### 【0121】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、グローバルアライメントを実行する上で、位置検出マークに欠陥がある場合においても、その欠陥の影響を受けずにそのマーク位置を高精度に検出することができる。

#### 【0122】

特に、半導体露光装置のウエハやレチクルなどのアライメントに適用した場合には、半導体プロセスによるマークの欠陥などに影響を受けにくくなり、アライメント精度を向上させることができ、半導体素子製造工程において歩止まりを向上させることができる。

#### 【0123】

また、アライメントマークの形状を安定化させるために必要だった半導体プロセスの条件設定の時間を短縮化できるため、半導体素子製造の生産性も向上させることができる。

#### 【0124】

更に、本発明を半導体製造工程で使用される重ね合わせ精度を検証する装置に適用した場合には、半導体プロセスによる重ね合わせ検証マークの欠陥による検出エラーを減少でき、より正確に良品・不良品の判別ができるとともに、その検出値を露光装置にオフセットとして反映させることで、重ね合わせ精度を向上させることができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本実施形態の半導体露光装置の概略図。

【図2】 本実施形態のアライメント検出光学系の概略図。

【図3】 本実施形態のアライメントマークを示す図。

【図 4】 本実施形態のアライメントマークを示す図

【図 5】 アライメントマークの 2 次元画像を示す図。

【図 6】 イメージセンサの構成を示す図。

【図 7】 アライメントマークに欠陥があった場合の信号波形例を模式的に示す図

。

【図 8】 第 1 実施形態のアライメントマーク位置の検出に用いられるテンプレートを示す図。

【図 9】 図 7 の信号波形例から得られるアライメントマークピッチとその度数分布を示す図。

【図 10】 イメージセンサの配置例を示す図。

【図 11】 第 1 実施形態のアライメントマーク位置の検出手順を示すフローチャート。

【図 12】 グローバルアライメントを説明する図。

【図 13】 線形座標変換と残留誤差を示す図。

【図 14】 各ラインの残留誤差量  $R_i(n)$  のばらつき  $3\sigma_x(n)$  をヒストグラムで示す図。

【図 15】 第 3 実施形態の重ね合わせ検証マーク位置の検出方法に用いるアライメント検出光学系の概略図。

【図 16】 第 3 実施形態の重ね合わせ検証マークを示す図。

【図 17】 図 16 の重ね合わせ検証マークをイメージセンサで撮像した 2 次元画像と各ラインごとのライン信号の強度分布を例示する図。

【図 18】 半導体製造工程で取得されたアライメントマークを示す図。

【図 19】 本発明の一実施形態に係る露光装置を含む半導体デバイスの生産システムをある角度から見た概念図。

【図 20】 本発明の一実施形態に係る露光装置を含む半導体デバイスの生産システムを別の角度から見た概念図。

【図 21】 本発明の一実施形態に係る露光装置を含む半導体デバイスの生産システムにおけるユーザインタフェースの具体例を示す図。

【図 22】 本発明の一実施形態に係る露光装置によるデバイスの製造プロセスの

流れを説明するフローチャート。

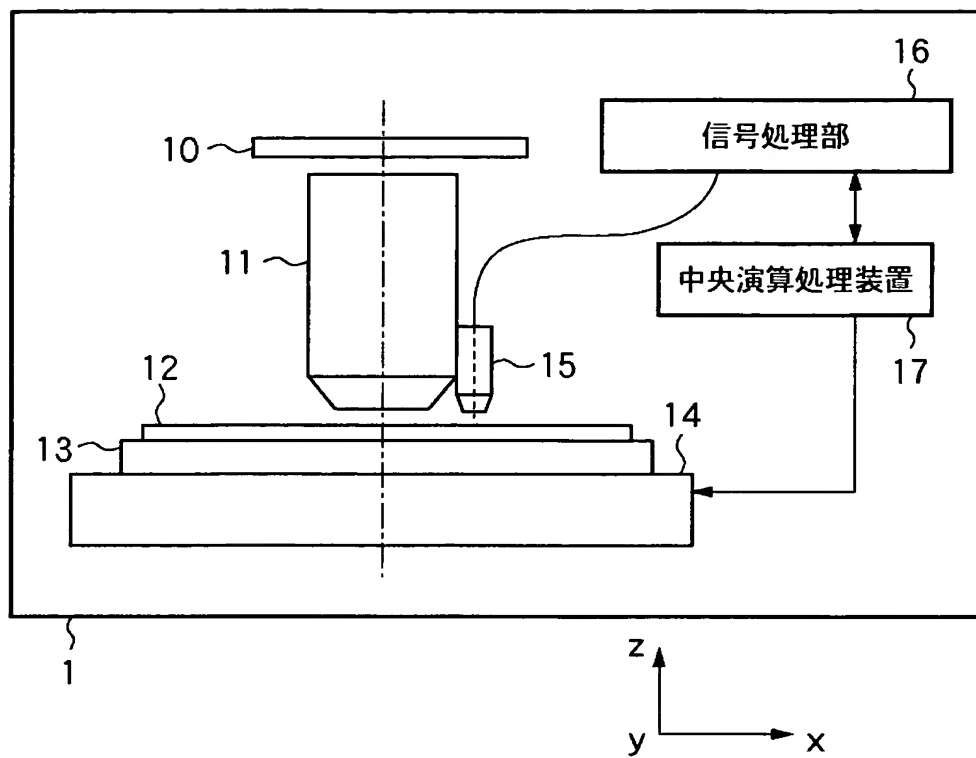
【図 23】 本発明の一実施形態に係る露光装置によるウエハプロセスを説明する図。

【符号の説明】

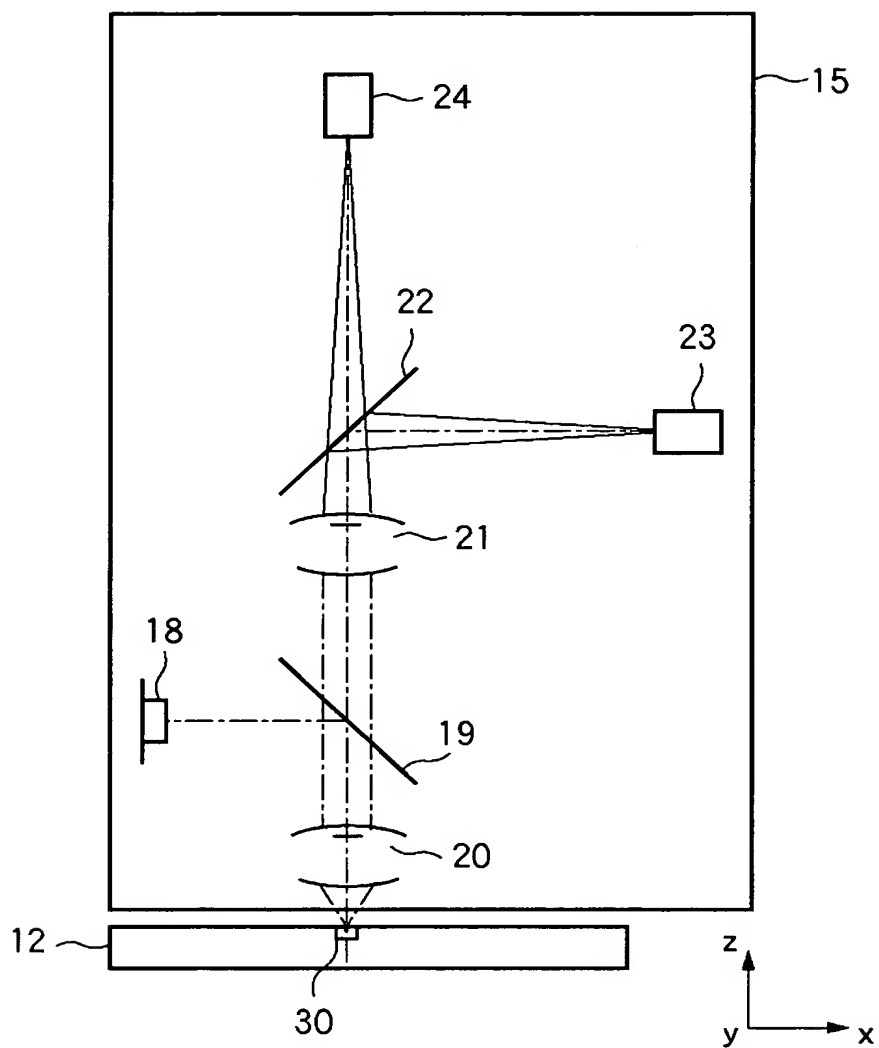
- 1 半導体露光装置
- 10 レチクル
- 11 縮小投影光学系
- 12 ウエハ
- 13 ウエハチャック
- 14 ウエハステージ
- 15 アライメント検出光学系
- 16 信号処理部
- 17 中央演算処理装置
- 18 光源
- 19, 22 ビームスプリッタ
- 20, 21 レンズ
- 23, 24 イメージセンサ
- 30 アライメントマーク

【書類名】 図面

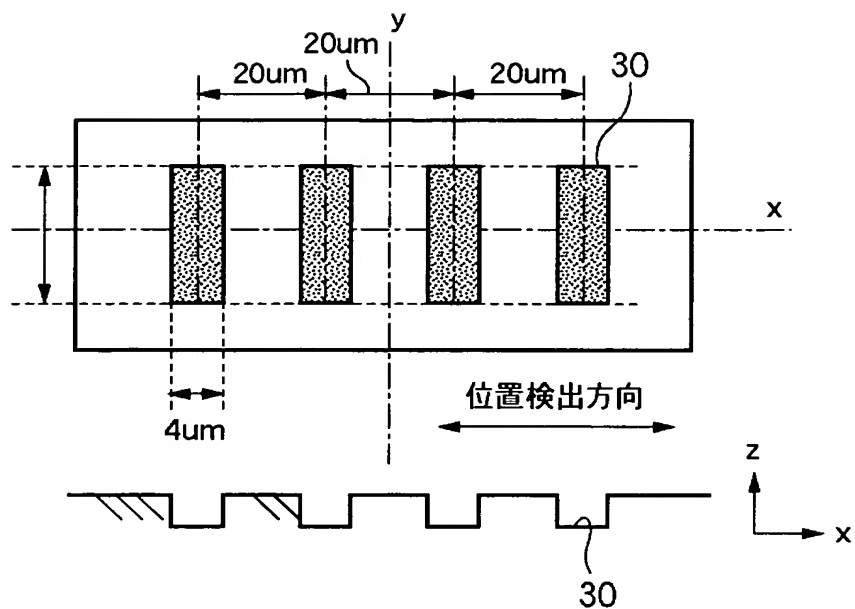
【図 1】



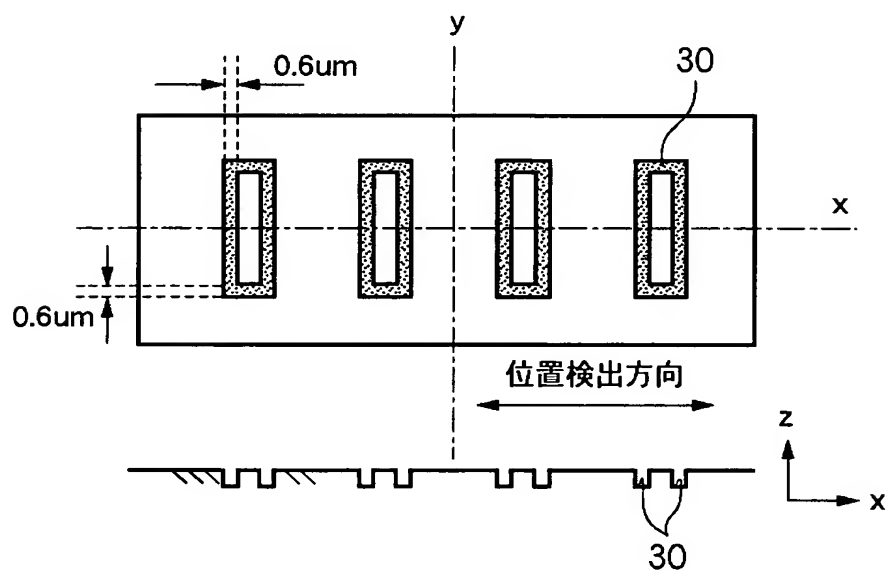
【図 2】



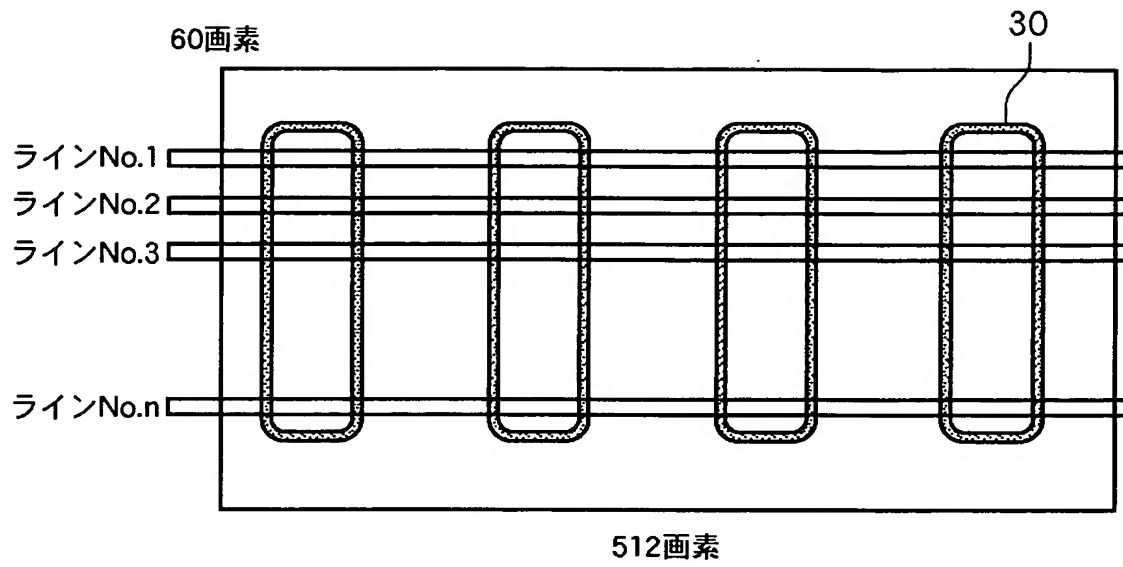
【図 3】



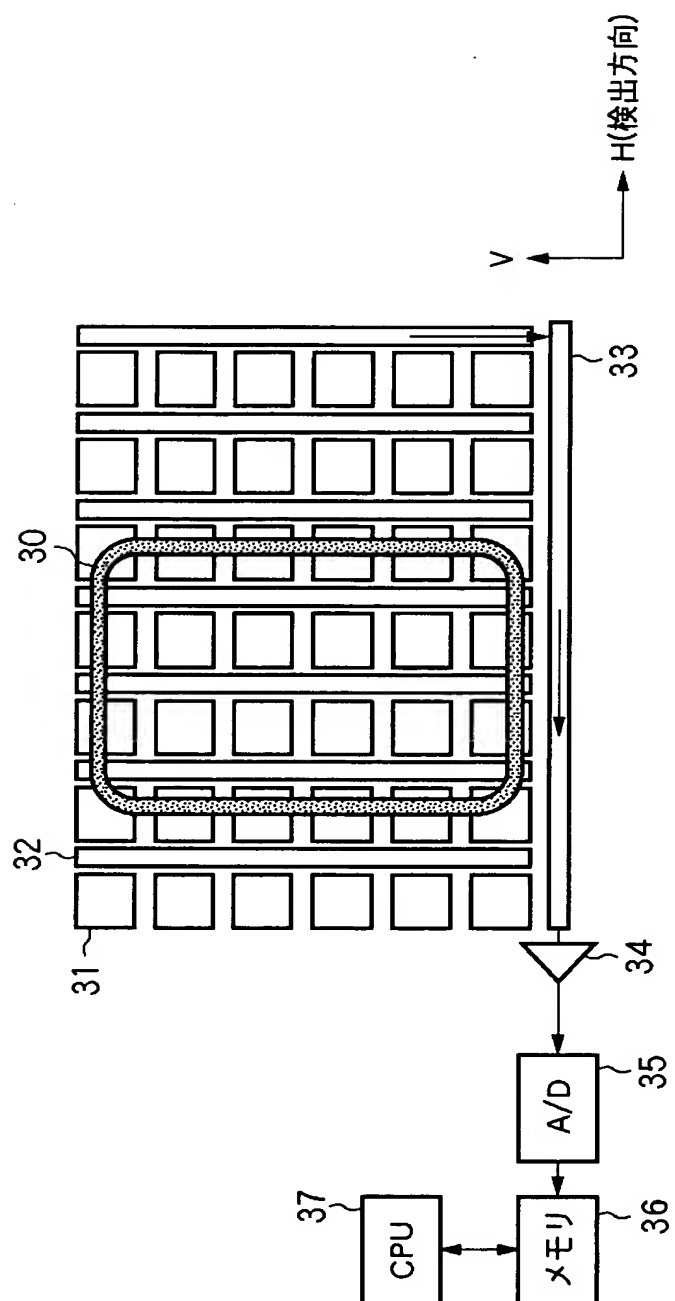
【図 4】



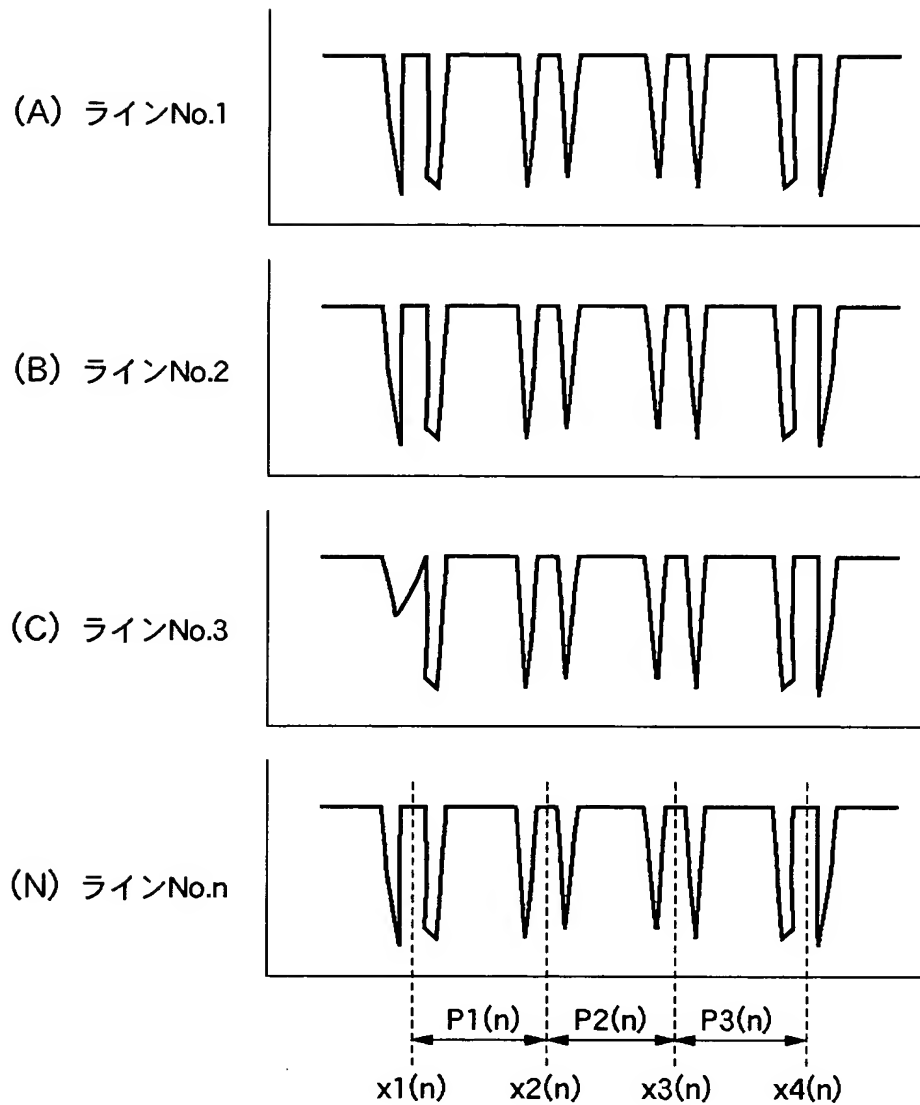
【図 5】



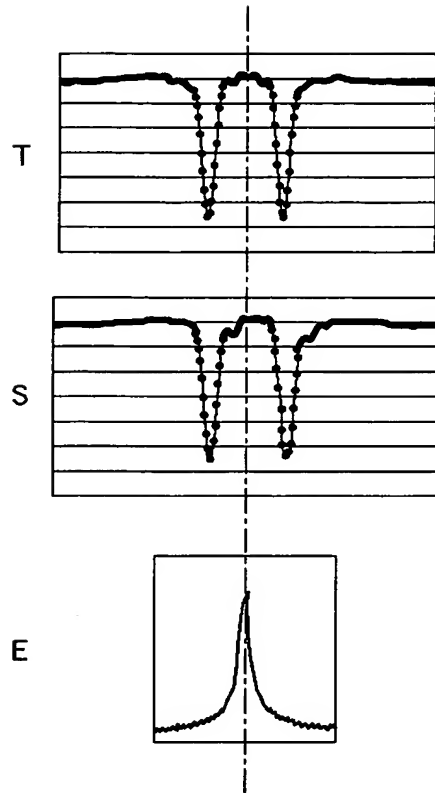
【図 6】



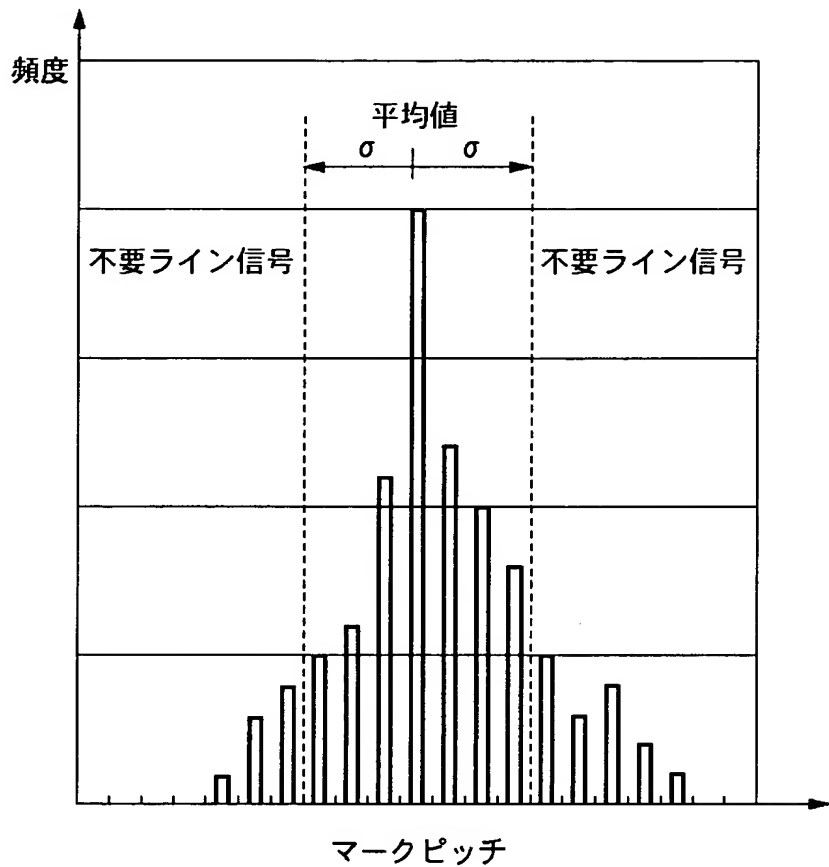
【図 7】



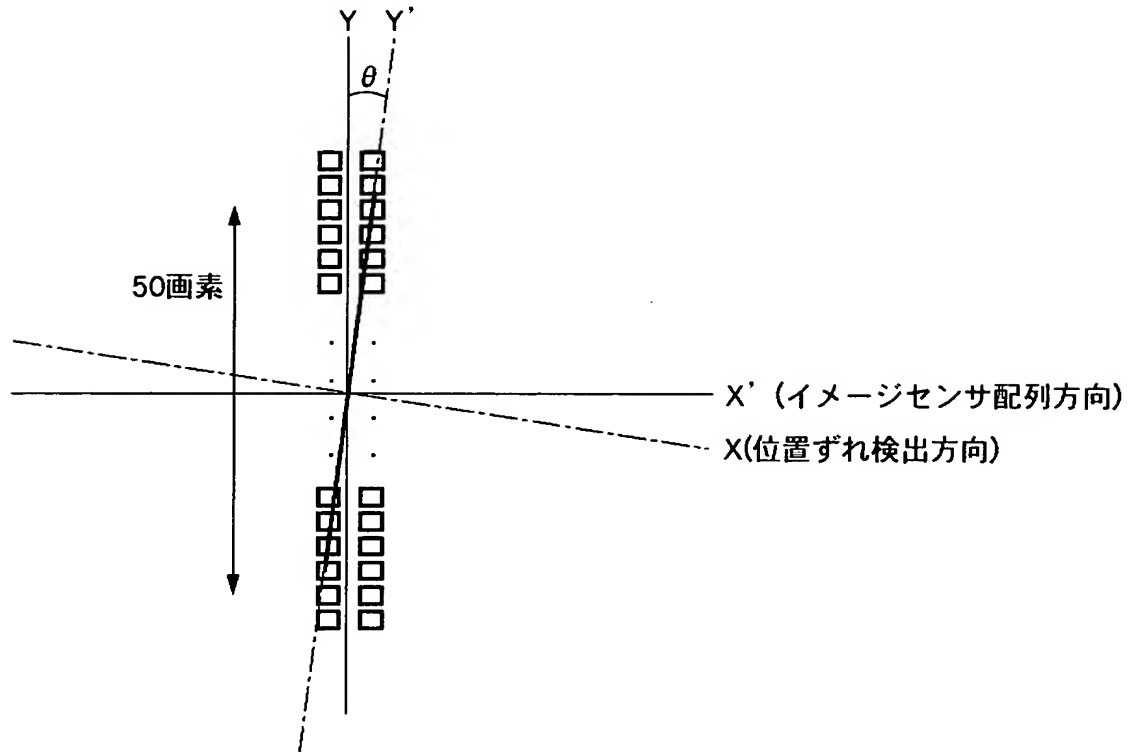
【図 8】



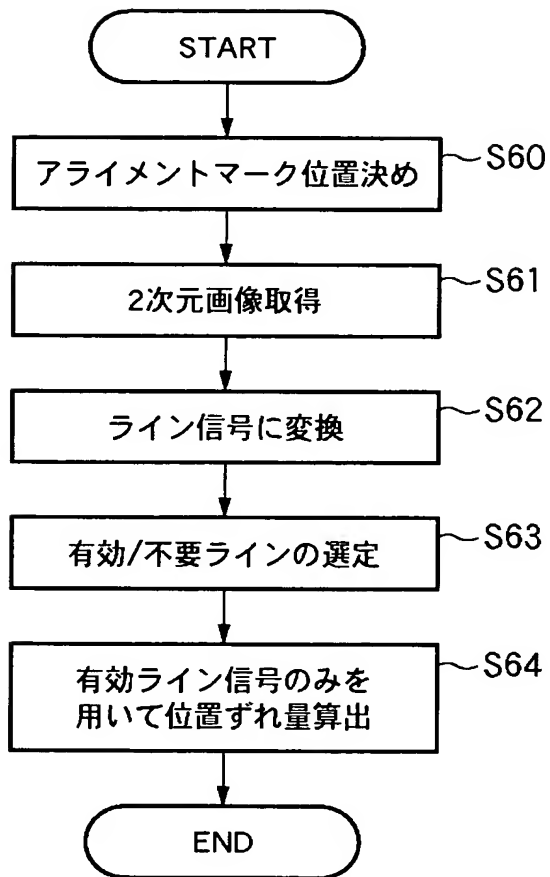
【図 9】



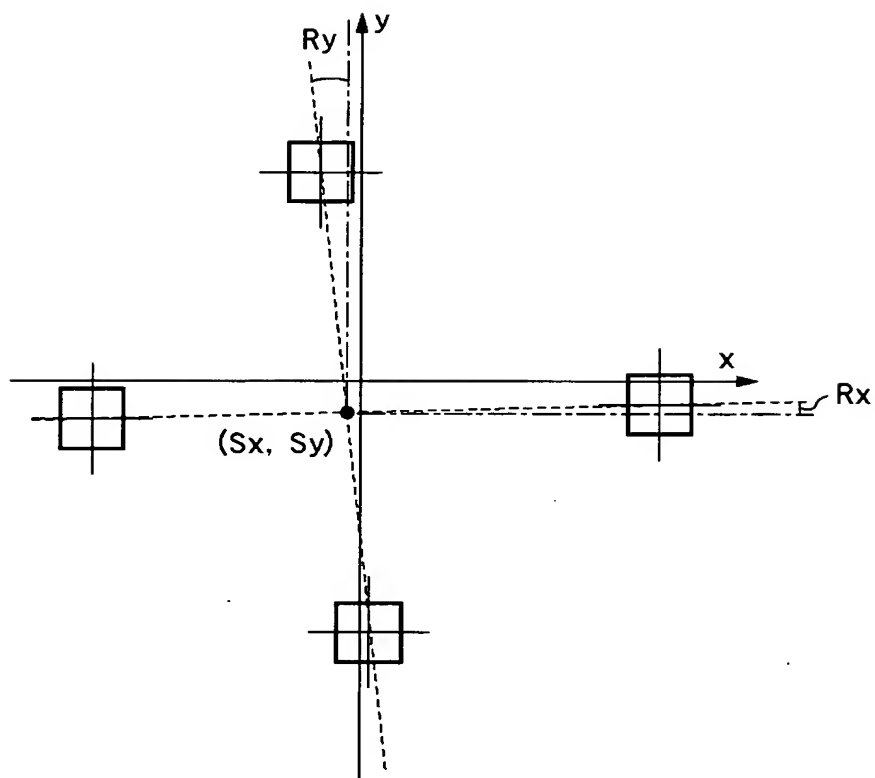
【図 10】



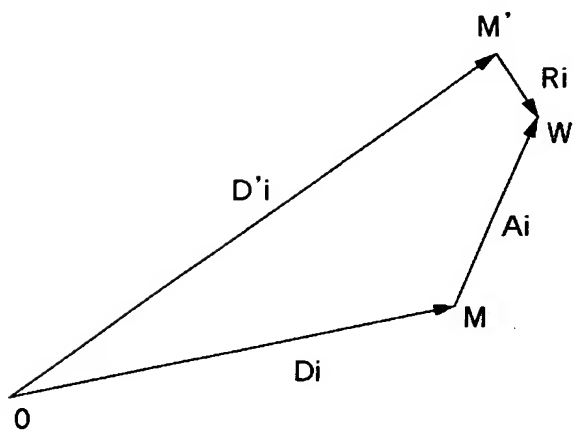
【図 11】



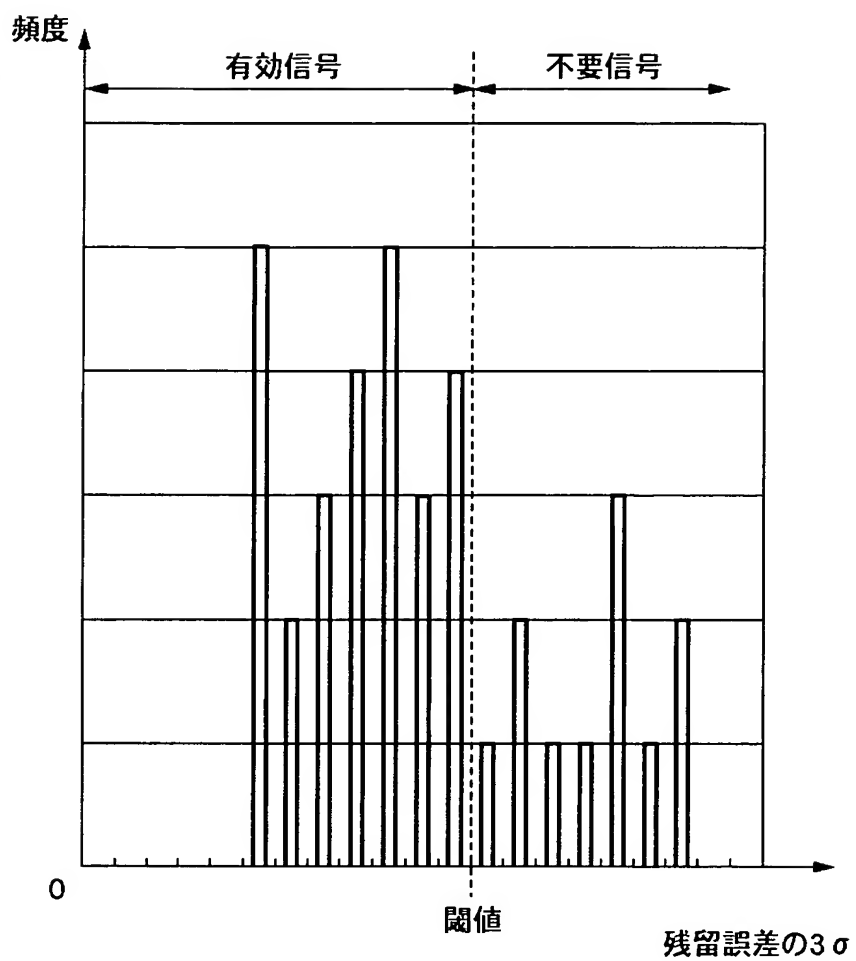
【図 12】



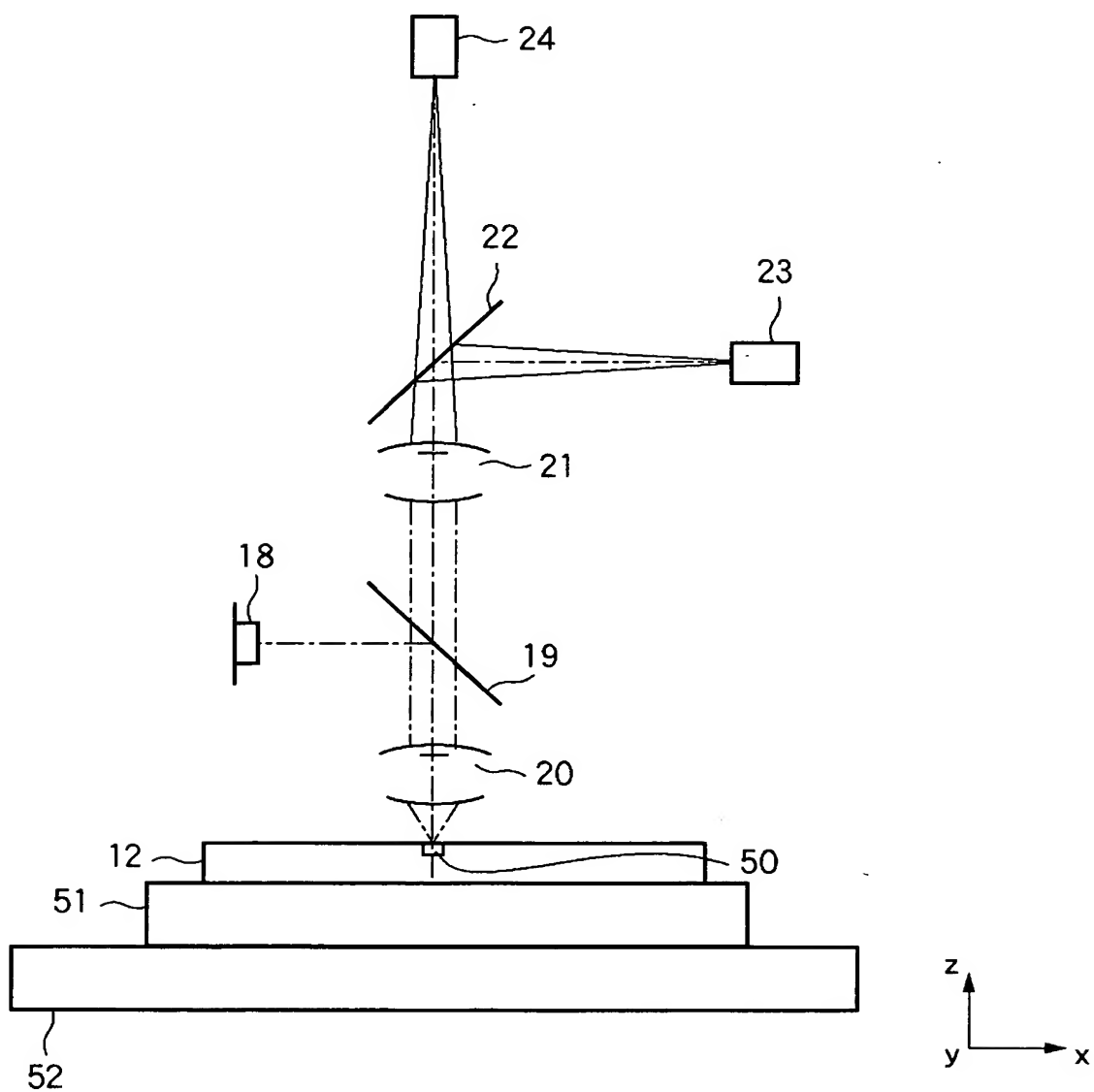
【図 13】



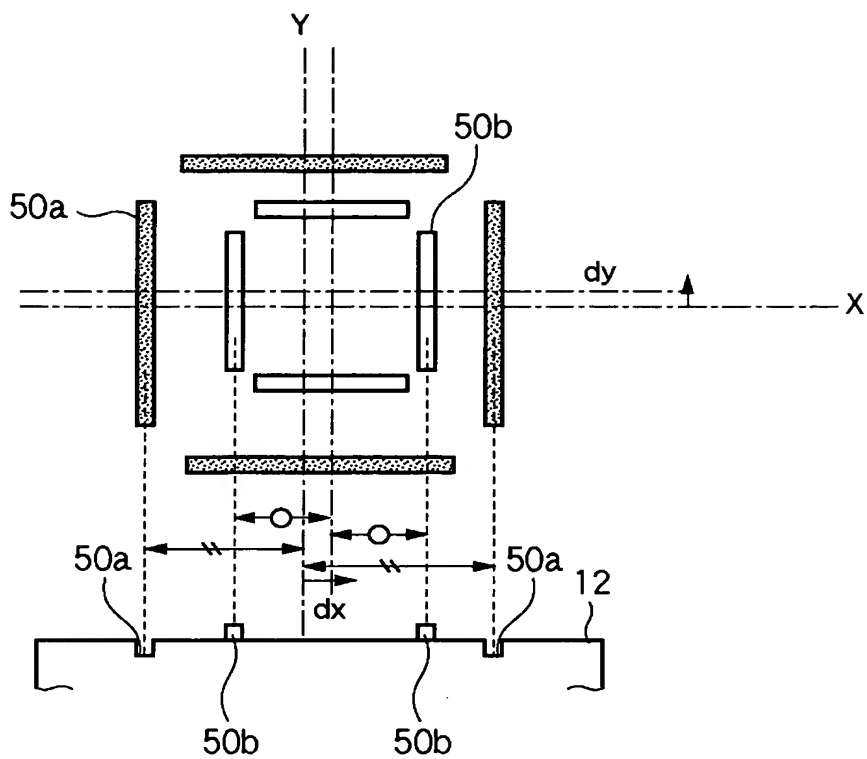
【図 1 4】



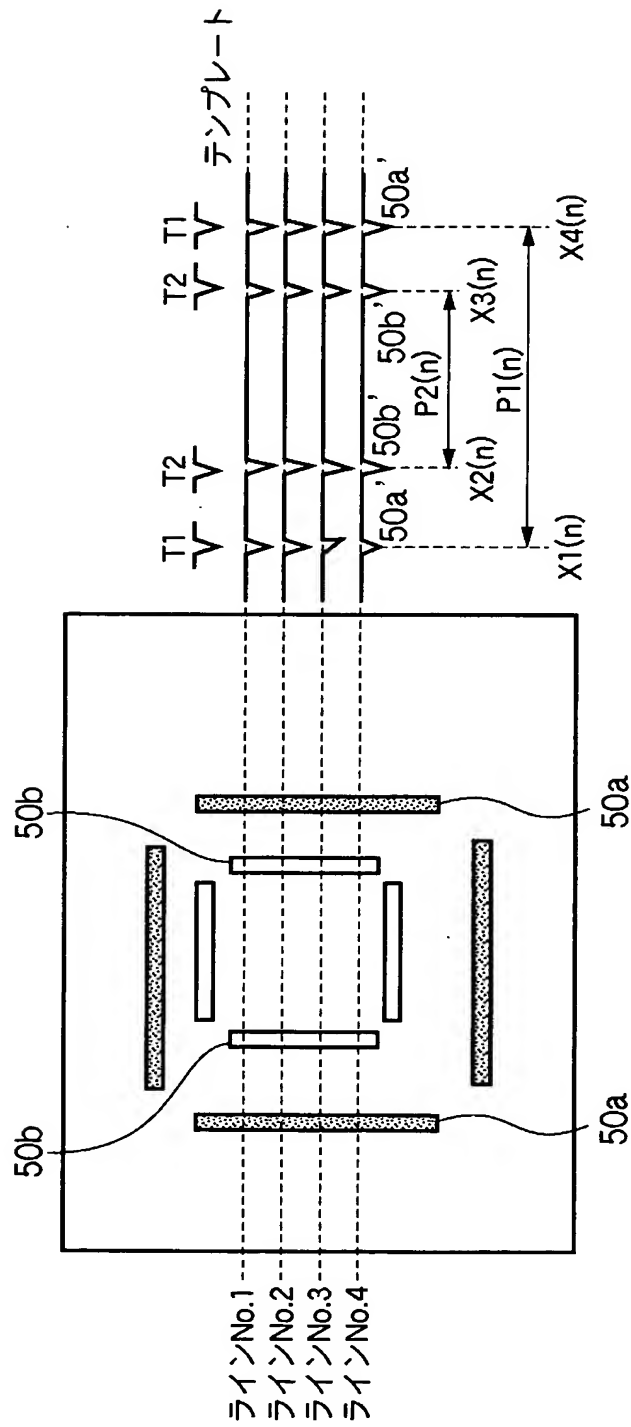
【図 15】



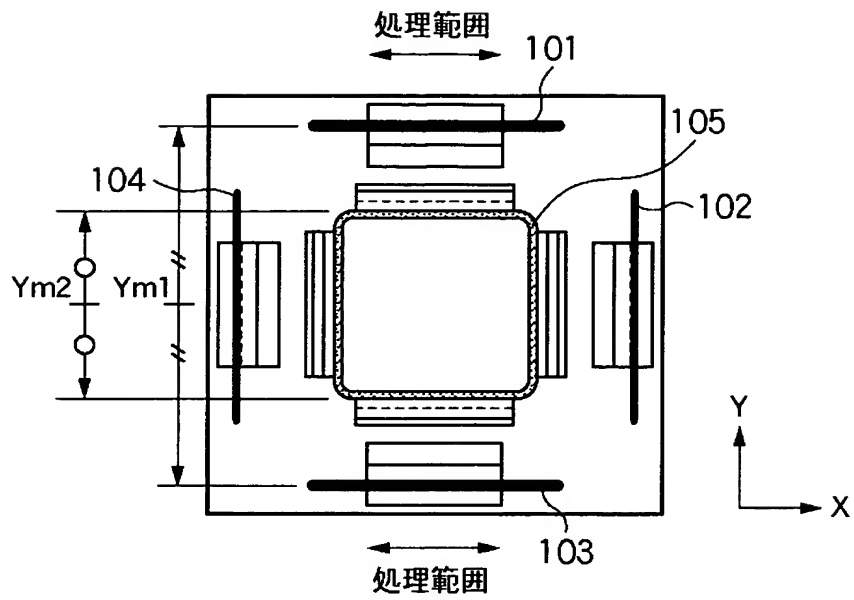
【図 16】



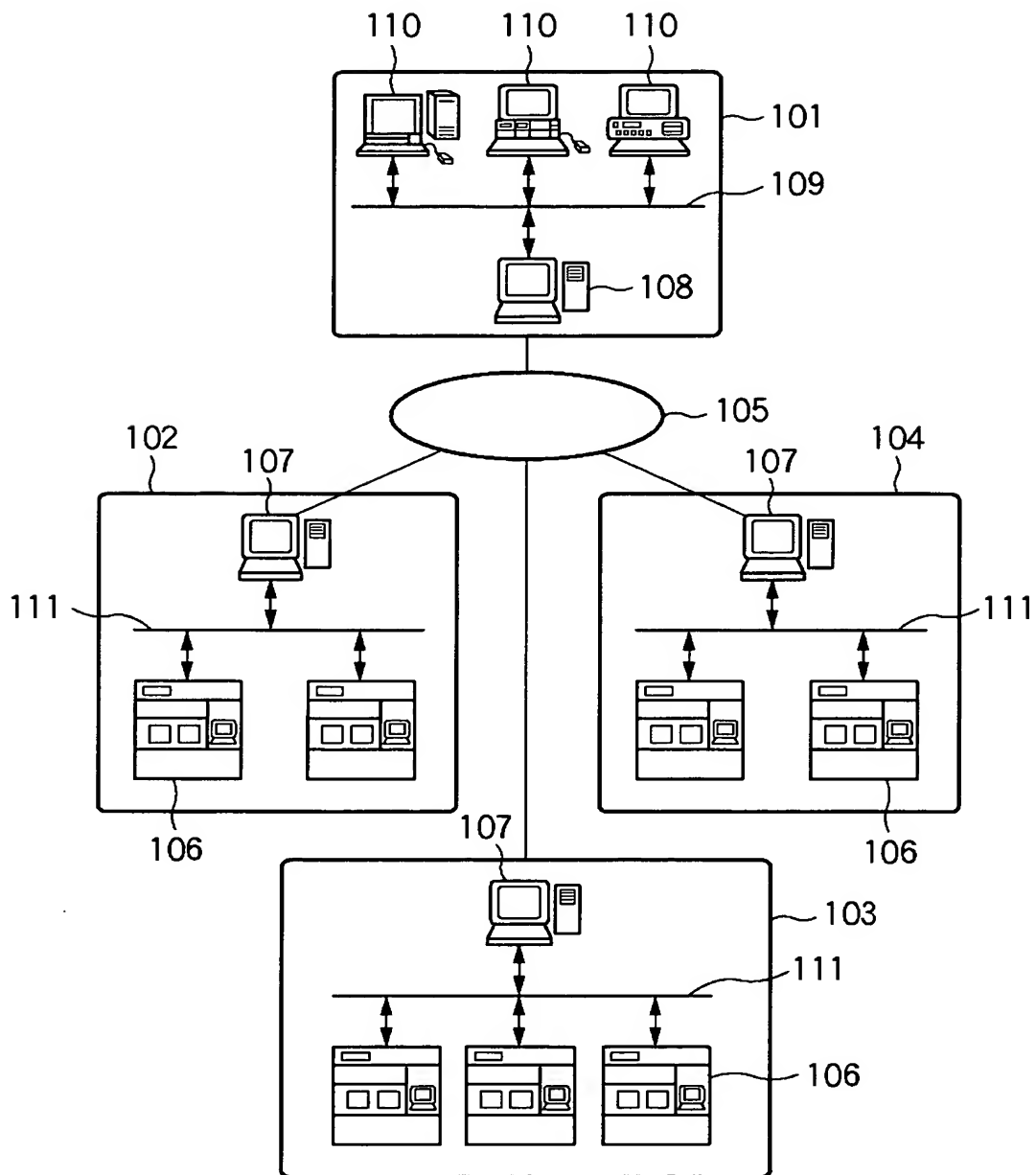
【図 17】



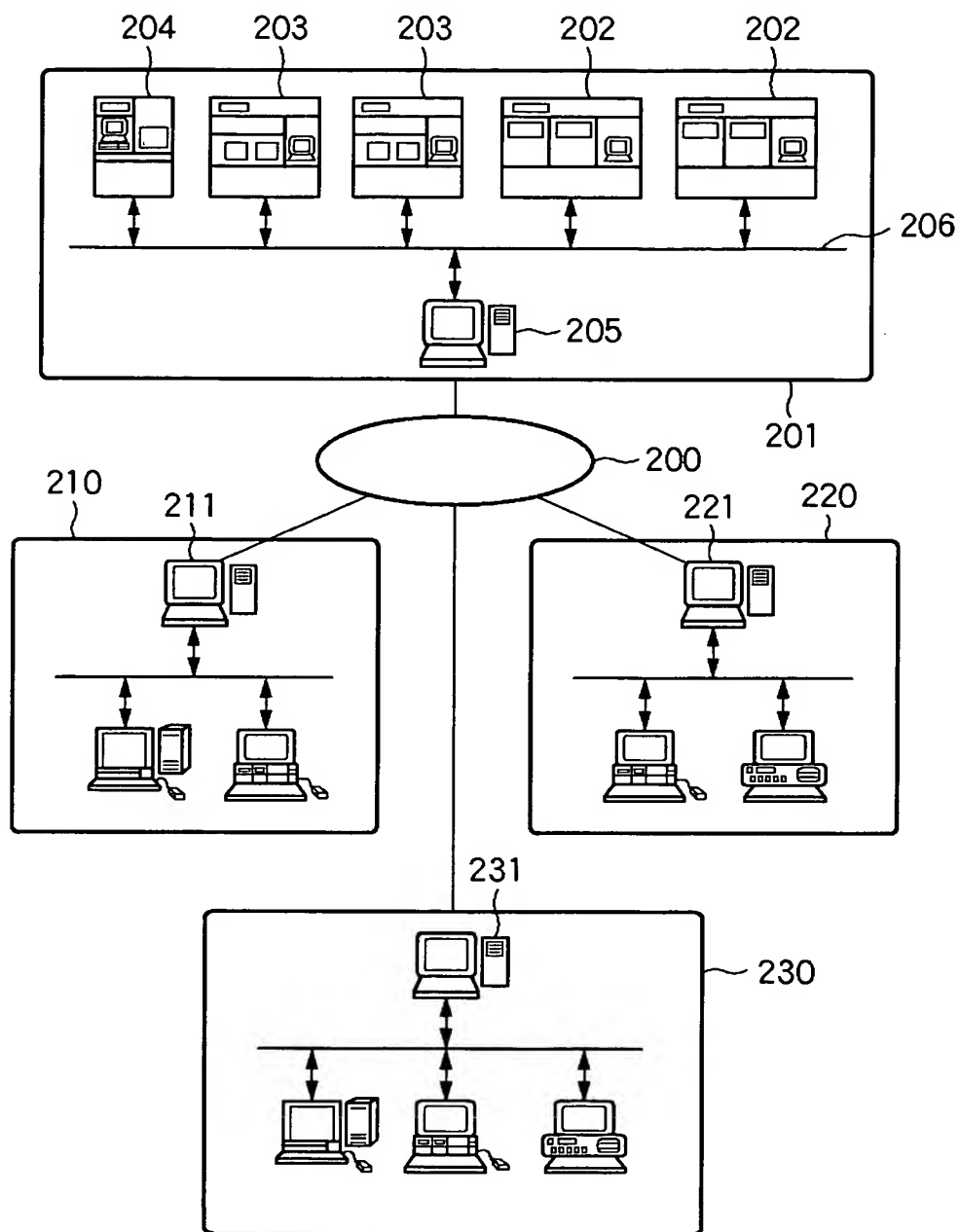
【図 18】



【図 19】



【図 20】



【図 21】

URL

トラブルDB入力画面

発注日  ~ 404

機種  ~ 401

件名  ~ 403

機器 S/N  ~ 402

緊急度  ~ 405

症状  406

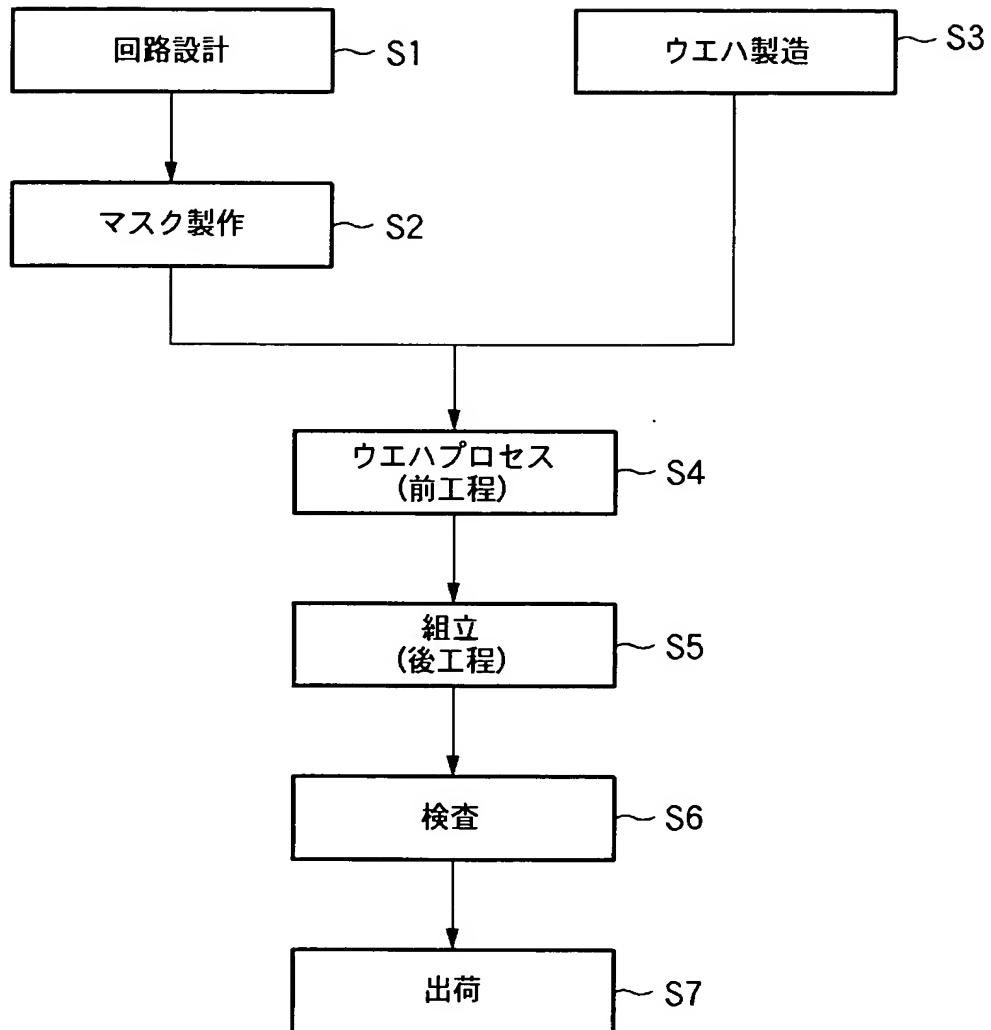
対処法  407

経過  408

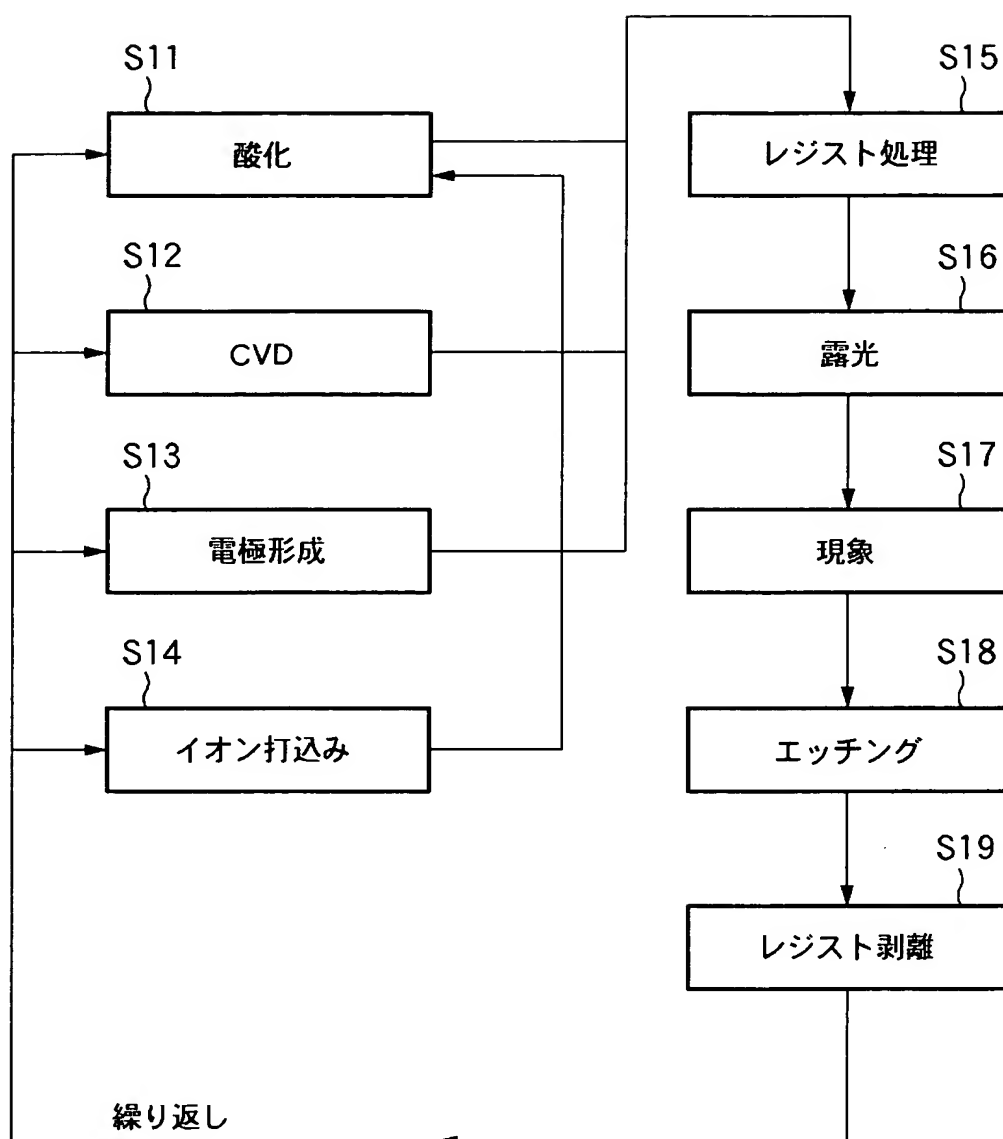
410 411 412

[結果一覧データベースへのリンク](#) [ソフトウェアライブラリ](#) [操作ガイド](#)

【図 22】



【图 2 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ウエハ上に形成されるアライメントマークを高精度に検出する。

【解決手段】 ステップS61ではアライメントスコープ15によりアライメントマーク30の2次元画像を取得する。ステップS62ではステップS61で取得した2次元画像を各ラインごとに光強度信号に変換する。ステップ63では各ライン信号が有効であるか不要であるかを選定する。ステップS64では有効なライン信号のみを用いてアライメントマーク30の位置ずれ量を算出する。

【選択図】 図11

特願 2 0 0 2 - 2 7 5 8 2 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 1 0 0 7 ]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号

氏 名

キャノン株式会社